

**CARTILLA GUÍA PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
EN SANEAMIENTO DE AGUA POTABLE**

**RUTHBEL YESID OVALLE CELIS
CRISTIAN ALONSO MORENO RIPE**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ
2014**

**CARTILLA GUÍA PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO
EN SANEAMIENTO DE AGUA POTABLE**

**RUTHBEL YESID OVALLE CELIS
CRISTIAN ALONSO MORENO RIPE**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de
Ingeniero Civil**

**Director
Álvaro Rodríguez
Ingeniero Civil**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ
2014**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Este es un resumen legible por humanos (y no un sustituto) de la [licencia](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre para:



Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

El licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con fines comerciales.



Sin Derivar — Si usted mezcla, transforma o crea nuevo material a partir de esta obra, usted no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — Usted no puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Aviso:

Usted no tiene que cumplir con la licencia para los materiales en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se entregan garantías. La licencia podría no entregarle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como relativos a publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	7
1. GENERALIDADES	8
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 Objetivo General	8
1.2.2 Objetivos Específicos	8
1.3 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	8
1.4 DELIMITACIÓN	9
1.4.1 Geográfica	9
1.4.2 Cronológica	9
1.5 MARCO DE REFERENCIA	9
1.5.1 Marco Teórico	9
1.5.1.1Prácticas de Laboratorio 1	9
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	9
1.7 METODOLOGÍA	10
2. RESULTADOS	11
3. CONCLUSIONES	12
BIBLIOGRAFÍA	13
ANEXOS	15

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Plantas y Tratamientos de Aguas Potable – Residuales y Laboratorio	9
---	---

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Presentación De Informes	15
Anexo B. Guía Práctica No. 1 Ph	21
Anexo C. Guía Práctica No. 2 Turbidez Y Color	29
Anexo D. Guía Práctica No. 3 Acidez Y Alcalinidad	47
Anexo E. Guía Práctica No. 4 Dureza	57
Anexo F. Guía Práctica No. 5 Aluminio Y Hierro	65
Anexo G. Guía Práctica No. 6 Test De Jarras	71
Anexo H. Guía Práctica No. 7 Sólidos Totales	79
Anexo I. Registro fotografico en alta definicion	98
Anexo F. Cartilla en Programa I design	99

INTRODUCCION

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana.

Bajo este contexto el abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea.

De acuerdo con esta situación, el interrogante principal del proyecto propuesto se define como: ¿Que tan potable es el agua que usted consume?

La mayor limitación que tenemos en nuestro país es saber los procesos que hay que generar para realizar las pruebas al agua cruda y saber si esta se puede potabilizar. Lo que se busca con este proyecto es guiar al estudiante en las diferentes prácticas de laboratorio necesarias para que esta agua se pueda identificar como apta para consumo humano.

Inicialmente se estudiará el contenido programático de la materia para verificar si dentro de este se incluyen todos los laboratorios necesarios para el tratamiento del agua cruda, por medio de la información dada por el docente de las materia Plantas de tratamiento de agua potable – residual y laboratorio.

(UNICEF – Colombia), Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, el 80% de las enfermedades se transmiten por medio del agua contaminada.

Se verifica si las prácticas que se elaboran son pertinentes para el proceso de transformación del agua cruda a potable o si es necesario complementar las ya propuestas por la facultad.

Se realizará el registro fotográfico de las instalaciones y equipos ubicados en el laboratorio para el saneamiento básico de agua potable, esto con el fin de organizar y mostrar los equipos necesarios para la elaboración de cada práctica de laboratorio.

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del programa de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia, se plantea como requisitos académicos, el desarrollo de prácticas de laboratorios complementarias a las materias a fines. Dichas prácticas son explicadas por parte del laboratorista en el momento que se va a realizar la práctica, pero el estudiante no cuenta con una guía que le explique claramente el proceso a realizar en el laboratorio, por lo contrario el estudiante asiste a su práctica documentado por medio de páginas electrónicas donde le indica un proceso que en ocasiones es completamente distinto ya sea por la forma en que se ejecuta o por los instrumentos que utilizan en el mismo. Por esta razón se debe elaborar para las prácticas una guía que le explique de manera clara al estudiante de qué trata y cuáles son los requerimientos para la ejecución de los laboratorios.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General. Generar una guía de laboratorio para que el estudiante comprenda y tenga conocimientos previos para la ejecución de los diferentes laboratorios que se ven en el transcurso de la carrera.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un inventario de equipos, para saber de qué tipos de prácticas de laboratorio se pueden ejecutar y de ser necesario la compra nuevos equipos para complementar lo visto en clase.
- Con la información tomada del contenido programático de la materia y la suministrada por el laboratorista, se va a realizar guías suficientemente ilustradas y claras para la ejecución de los ensayos y la aplicación de los conceptos vistos y estudiados durante el transcurso de la materia.

1.3 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Las cartillas para las prácticas de laboratorio, en el programa de ingeniería civil, no se han desarrollado como un modelo organizado para elaborar procesos detallados en cada una de las prácticas del programa, sin embargo hubo un trabajo, realizado por el Ingeniero Federico Rizzo Parra, en el área de aguas para los laboratorios de Mecánica de Fluidos; partiendo de ese trabajo y por medio de este proyecto se realizará la organización de la cartilla para las prácticas de laboratorio en saneamiento de agua potable en el programa de Ingeniería Civil.

Lo anterior con el fin de brindarle al estudiante una clara explicación que requiere cada uno de los laboratorios para su desarrollo.

1.4 DELIMITACIÓN

1.4.1 Geográfica. Laboratorio de plantas - Universidad Católica de Colombia – Bogotá D.C. – Colombia.

1.4.2 Cronológica. Tres meses a partir de la entrega del anteproyecto.

1.5 MARCO DE REFERENCIA

1.5.1 Marco Teórico. A continuación se presenta el listado de los laboratorios a ejecutar en el área de plantas de tratamiento de agua potable – residual y laboratorio:

Tabla 1. Plantas y Tratamientos de Aguas Potable – Residuales y Laboratorio

Plantas y Tratamiento de Aguas Potable - Residuales y Laboratorio
Toma de muestras (Física)
Medición de pH (Química)
Turbiedad y color (Química)
Acidez y alcalinidad (Química)
Determinación de dureza, hierro y aluminio (Química)
Test de jarras (Físico Química)
Sólidos totales (Química)

Fuente. Los Autores.

1.5.1.1Prácticas de Laboratorio 1. Estas prácticas son las que se encuentran dentro de los planteamientos de laboratorio, no obstante se buscaran nuevas prácticas si estas se requieren para la consecución de la materia.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

En el desarrollo de este proyecto se pretende tenga un periodo de ejecución máximo de tres meses, tiempo en el cual se realizara la recopilación de información necesaria para la elaboración de cartillas para las diferentes prácticas de laboratorio apropiadas para el entendimiento del estudiante.

Al final de este proyecto se entregara en documento físico (impreso) y magnético, cartillas de prácticas de laboratorio, las cuales tendrán la información teórica y la explicación de los distintos procedimientos, también una guía para el estudiante de como presentar cada informe de laboratorio, además fotografías de los equipos para que el estudiante pueda identificarlos con facilidad; estas guías también le servirá a la universidad para que los estudiantes sientan la necesidad de ingresar y observar los diferentes procesos que se generan para los análisis de muestras tomadas en campo, y de esta manera los equipos que se tienen sean utilizados de la mejor manera y disposición.

1.7 METODOLOGÍA

Recopilación de los tipos de prácticas de laboratorio necesarias en la materia de plantas de tratamiento de agua potable y residual.

Recopilar las guías existentes y la normativa de cada uno de los laboratorios.

Con la información recolectada de equipos, y tipos de prácticas, realizar de la manera más sencilla e ilustrativa una cartilla que sea atractiva para que el estudiante se vea interesado en desarrollar los laboratorios.

Revisión del contenido de la asignatura y de las prácticas para implementar los laboratorios necesarios.

2. RESULTADOS

Se realiza el análisis de los laboratorios propuestos por la facultad, observando que en algunos, la información entregada es densa y no tiene claro el objetivo de hacer entender al estudiante la práctica, por tal motivo se genera la investigación de cada laboratorio y se propone en cada uno el siguiente contenido.

- Objetivos (general y específico).
- Marco teórico.
- Procedimiento y equipos de laboratorio.
- Tablas de datos y resultados.
- Bibliografía.

En cada laboratorio se realiza una toma de fotografías para que el estudiante identifique con facilidad los equipos necesarios, y las instalaciones en las cuales se va a desarrollar las practicas, además de una descripción del tipo de laboratorio a realizar, sus respectivos resultados y respuestas.

En el análisis de los laboratorios se utilizaron diferentes fuentes de investigación, se basó en la normatividad Ras, la cual acoge el sistema de potabilización de aguas en Colombia.

Además de información investigada en diferentes páginas de internet, las cuales se especializan en este campo, esta información se encuentra consignada dentro de cada práctica.

Se entregan anexas las prácticas del presente informe, ya que su información se trabaja de forma separada, se requirió así por parte del docente para un mejor manejo al momento de manipulación de dichos archivos.

3. CONCLUSIONES

- La cartilla para los laboratorios de plantas de tratamiento de agua potable resulta una herramienta importante para la asignatura, ya que permite un mejor proceso en el aprendizaje de cómo obtener agua potable para el mejoramiento de la población.
- Una observación importante con el ejercicio realizado para la obtención de la cartilla de laboratorio para saneamiento de agua potable, es la disposición del estudiante para leer y aprender los diferentes procedimientos para la ejecución de cada práctica, esto debido a que no se interesa si observa dentro del cuadernillo una serie de documentos que lo indisponen para la realización de dichas actividades, lo interesante de esta presentación de laboratorios, es que el estudiante se muestra más interesado por la realización e investigación previa, para la ejecución de las practicas.
- Podemos informar a la comunidad educativa que el resumen presentado en los anexos siguientes, es una reseña breve pero profunda de los análisis realizados para la obtención de un texto seguro y con gran información, destacada y con ilustraciones atractivas al espectador, esperamos sea de conocimiento público todo texto y practicas mencionadas durante este archivo.

BIBLIOGRAFÍA

APHA-AWWA-WEF (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. New York: Standard Methods, 2010. 1027 p.

AQUATRACTA. Fluctuación en línea]. Bogotá: WIKIPEDIA [citado 20 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <<http://www.aquatracta.com/Municipios.Piscinas.Filtracion.2.html>>.

ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. 3 ed. Bogotá: McGraw-Hill, 1992. 325 p.

ASTM INTERNATIONAL. Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water D 1067-92. Philadelphia: The Instituto, 1995. 7 p.

BIANCHINI, Flaviniano. Estudio técnico Calidad de agua de Río Tzalá (municipio de Sipakapa; departamento de San Marcos). San Marcos: COPAE, 2008. 50 p.

CENTRO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS E HIDROGRÁFICAS, Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-Químicos y contaminantes marinos. 3 ed. Santa Marta: El Centro, 1993. 148 p.

----- . MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1594 (26, junio 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2811(18, diciembre 1974). Por el cual Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá: El Ministerio, 1984. 21 p.

----- . MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 2811(18, diciembre 1974). Por el cual Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá: El Ministerio, 1984. 21 p.

----- . MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Decreto 475 (1, febrero 1998). Por el cual se expiden normas técnicas de calidad de agua potable. Bogotá: El Ministerio, 1998. 20 p.

COMPANY ARPA, Joan. Coagulantes y floculantes aplicados en el tratamiento de aguas. México: McGraw-Hill, 2000. 578 p.

EXCEL WATER TECHNOLOGIES. Problemas Comunes del Agua [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 18 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.excelwater.com/esp/b2c/about_4.php>.

FRANSON, Mary Ann. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas potables y residuales. Madrid: Díaz de Santos, 1992. 1816 p.

MARÍN GALVÍN, Rafael. Análisis de aguas y ensayos de tratamiento: principios y aplicaciones. México: Gestión y Promoción, 1995. 719 p.

NALCO CHEMICAL COMPANY. The NALCO water handbook. Michigan: McGraw-Hill, 1979. 750 p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Aluminium in drinking-water. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. 3 ed. Ginebra: OMS, 2003. 398 p.

QUIMICA AMBIENTAL UTP. Determinación de sólidos [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 230 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <<http://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2012/05/determinacion3b3n-de-solidos.pdf>>.

RODIER, J. Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Barcelona: Omega, 1981. 412 p.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del Agua. 3 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005. 400 p.

SIERRA, Jorge Humberto. Análisis de Aguas y Aguas Residuales. Medellín: Universidad de Antioquia, 1983. 463 p.

WANG, C.Y.; BI, S.P. y LOU, M.B. Advancement of Studies on the Formation of Polynuclear Hydroxyl Aluminum Species and Their Transformation Laws in Aqueous System and Soil Solutions. New York: American Chemical Society, 2002. 25 p.

WIKIPEDIA. Floculación [en línea]. Bogotá: WIKIPEDIA [citado 20 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>>.

ANEXO A. PRESENTACIÓN DE INFORMES

PRÓLOGO

Esta cartilla ha sido diseñada para acompañar al estudiante de ingeniería civil en la asignatura de plantas de tratamiento de agua potable, en el trabajo de laboratorio y con ello proporcionar la destreza suficiente en el momento de ejercer en la vida profesional, claro está que no solo comprende el saneamiento básico de agua potable, sino también en qué modo, estos procesos físico-químicos serán necesarios para la revisión de aguas residuales. Para tal objetivo se han escogido 7 prácticas de laboratorio según el contenido programático de la asignatura, cada una de estas tendrá un análisis numérico (si es necesario), y un análisis químico necesario para conocer las características del afluente escogido.

Cada práctica de laboratorio está conformada por una parte teórica, que muestra la información pertinente para el desarrollo y entendimiento de la práctica a realizar; continuando con la parte del procedimiento, en donde se explica claramente los pasos a desarrollar indicando materiales, herramientas y requisitos de seguridad; seguido de unos objetivos propuestos acorde con el laboratorio a realizar y finalmente se anexa la guía para la elaboración de la practica donde presentamos fórmulas para los cálculos necesarios para el claro desarrollo de cada práctica.

Para cada práctica de laboratorio, conformada por las partes ya mencionadas se verán apoyadas con imágenes de las herramientas y procesos de cada práctica, así mismo se indican las respectivas normas que se deben seguir y respectivas tablas que facilitan el desarrollo de las mismas. Para fortalecer lo visto en el laboratorio al final de la guía, el estudiante tendrá un espacio para sacar conclusiones acorde con los objetivos propuestos en cada práctica.

PRESENTACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

COMPETENCIAS.

- Facilitar el conocimiento de forma eficaz en diferentes contextos de la ingeniería civil a través de diferentes mecanismos utilizados en el laboratorio.
- Generar interés para la investigación de los diferentes métodos aplicados.
- Capacidad de aplicar las ciencias básicas en el contexto de la ingeniería civil.
- Capacidad analítica en el contexto de la ingeniería civil

OBJETIVOS.

1. Listado de prácticas:

- Determinación del pH
- Determinación de acidez y alcalinidad
- Determinación de Turbidez y color
- Determinación de Dureza
- Determinación de Aluminio y Hierro
- Sólidos totales
- Test de Jarras

2. Generalidades:

- Normas para ingresar al laboratorio
- Normas para la realización de las prácticas
- Tipo de análisis
- Normatividad

3. Toma de muestras:

- Para análisis fisicoquímico
- Para análisis microbiológicos
- Para metales pesados.
- Para PCB's (policlorobifenilos (PCB) o bifenilos policlorados)

- Medición de volúmenes.
4. Medición de:
- Turbiedad
 - Color
 - pH
 - Olor
5. Determinación de:
- Alcalinidad
 - Acidez
 - Dureza total
 - Dureza cálcica y magnésica
 - pH de saturación
 - Índice de Acidez
 - Índice de langelier
6. Ensayo de jarras
7. Determinación de:
- Hierro
 - Aluminio

NORMAS PARA INGRESAR AL LABORATORIO

Llegar a la hora indicada
ingreso



Llevar bata blanca para su
ingreso



Usar los elementos de protección personal necesario



NORMAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Mantener en perfecto estado de orden y limpieza el sitio de trabajo.

Tener precaución con la manipulación de los reactivos.

Leer atentamente los rótulos de los reactivos para evitar equivocaciones. Los reactivos sólidos deberán trabajarse con espátula y los reactivos líquidos con pipeta.

No arrojar cuerpos sólidos en las pilas o vertederos a menos que estén pulverizados y sean fácilmente arrastrables o solubles en el agua.

Al preparar una solución acuosa de un ácido, vierta siempre el ácido concentrado sobre el agua y no al contrario. No verter un ácido sin diluir suficientemente en agua, dentro de ninguna pila o vertedero.

Dejar el grifo abierto mientras se esté vertiendo algún tipo de líquido en un sifón.

No dejar que la llama caliente directamente los recipientes que contengan líquidos inflamables. Esto se hace mediante baños de aceite, agua, arena u hornillos.

No calentar los tubos de ensayo por el fondo, sino por la parte superior del líquido. Evitar que estos se encuentren apuntando hacia quien lo manipula.

No calentar sodio o potasio en baños de agua o de vapor. Los refrigerantes de los aparatos en que se trabaje con estos metales deben estar en buen estado y cerrados herméticamente para que no pueda llegar agua hasta dichos cuerpos.

Antes de sacar un tubo de una conexión de caucho o antes de retirarle un tapón se recomienda mojar primero el tubo con agua, separándolo un poco del tapón y luego girarlo suavemente.

No introducir tubos de vidrio o varillas de vidrio en un tapón de caucho horadado sin antes humedecer con agua o lubricar con vaselina el tubo y el orificio.

Los matraces de destilación deben sujetarse con la pinza por la parte del cuello que está encima del tubo lateral

IMPORTANTE

En caso de que una SUSTANCIA CORROSIVA se ponga en contacto con la piel o los ojos, debe lavarse la zona afectada con abundante agua y luego dirigirse a la enfermería.

En caso de emplear SUSTANCIAS EXPLOSIVAS se recomienda manipular la mínima cantidad posible.

Para extinguir el fuego, cuando se inflaman matraces y vasos de precipitado que contienen LIQUIDOS INFLAMABLES, tapar con una placa de madera, un vidrio de reloj o cápsula de porcelana con el fin de impedir la entrada de aire.

ANEXO B. GUÍA PRÁCTICA NO. 1 PH

Asignatura: PLANTAS DE TRATAMIENTO Y LABORATORIO

Guía Práctica No. 1

Tema: DETERMINACION DEL PH

1. Objetivo General.

Lograr un nivel favorable de dominio de la técnica de medición de pH a diferentes tipos de muestras líquidas, además del ser específicos al clasificar o identificar una muestra según su valor numérico en la escala de pH, no solo basta con saber que sea ácida o alcalina; ya que puede tener un menor o mayor grado de riesgo e influencia química según el valor de pH característico.



¹ <http://naukas.com/2012/05/09/ph-para-adultos/>

2. Objetivos Específicos.

1. Definir y aplicar el concepto de pH en muestras de agua como su influencia en el tratamiento.
2. Realizar varios ensayos con diferentes muestras para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
3. Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 y con las normas aplicables Decretos; 0475/98, Resolución 2115 del 2007 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales.

3. Marco teórico

Tal como el "metro" es una unidad de medida de la longitud, y un "litro" es una unidad de medida de volumen de un líquido, el pH es una medida de la acidez o de la alcalinidad de una sustancia.

Cuando, por ejemplo, decimos que el agua está a 91° Celsius expresamos exactamente lo caliente que está. No es lo mismo decir “el agua está caliente” a decir “el agua está a 91 grados Celsius”.

De igual modo, no es lo mismo decir que el jugo del limón es ácido, a saber que su pH es 2,3, lo cual nos indica el grado exacto de acidez. Necesitamos ser específicos.

Por lo tanto, la medición de la acidez y la alcalinidad es importante, pero ¿cómo está relacionado el pH con estas medidas?

Escala de pH

Los ácidos y las bases tienen una característica que permite medirlos: es la concentración de los iones de hidrógeno (H^+). Los ácidos fuertes tienen altas concentraciones de iones de hidrógeno y los ácidos débiles tienen concentraciones bajas. El pH, entonces, es un valor numérico que expresa la concentración de iones de hidrógeno.

Hay centenares de ácidos. Ácidos fuertes, como el ácido sulfúrico, que puede disolver los clavos de acero, y ácidos débiles, como el ácido bórico, que es bastante

seguro de utilizar como lavado de ojos. Hay también muchas soluciones alcalinas, llamadas "bases", que pueden ser soluciones alcalinas suaves, como la Leche de Magnesia, que calman los trastornos del estómago, y las soluciones alcalinas fuertes, como la soda cáustica o hidróxido de sodio, que puede disolver el cabello humano.

Los valores numéricos verdaderos para estas concentraciones de iones de hidrógeno marcan fracciones muy pequeñas, por ejemplo $1/10.000.000$ (proporción de uno en diez millones). Debido a que números como este son incómodos para trabajar, se ideó o estableció una escala única. Los valores leídos en esta escala se llaman las medidas del "pH".

- La escala pH está dividida en 14 unidades, del 0 (la acidez máxima) a 14 (nivel básico máximo). El número 7 representa el nivel medio de la escala, y corresponde al punto neutro. Los valores menores que 7 indican que la muestra es ácida. Los valores mayores que 7 indican que la muestra es básica.
- La escala pH tiene una secuencia logarítmica, lo que significa que la diferencia entre una unidad de pH y la siguiente corresponde a un cambio de potencia 10. En otras palabras, una muestra con un valor pH de 5 es diez veces más ácida que una muestra de pH 6. Asimismo, una muestra de pH 4 es cien veces más ácida que la de pH 6.

Cómo se mide el pH

Una manera simple de determinarse si un material es un ácido o una base es utilizar papel de tornasol. El papel de tornasol es una tira de papel tratada que se vuelve color rosa cuando está sumergida en una solución ácida, y azul cuando está sumergida en una solución alcalina.

Los papeles tornasol se venden con una gran variedad de escalas de pH. Para medir el pH, seleccione un papel que dé la indicación en la escala aproximada del pH que vaya a medir. Si no conoce la escala aproximada, tendrá que determinarla por ensayo y error, usando papeles que cubran varias escalas de sensibilidad al pH.

Para medir el pH, sumerja varios segundos en la solución el papel tornasol, que cambiará de color según el pH de la solución. Los papeles tornasol no son adecuados para usarse con todas las soluciones. Las soluciones muy coloreadas o turbias pueden enmascarar el indicador de color.

El método más exacto y comúnmente más usado para medir el pH es usando un medidor de pH (o pHmetro) y un par de electrodos. Un medidor de pH es básicamente un voltímetro muy sensible, los electrodos conectados al mismo

generarán una corriente eléctrica cuando se sumergen en soluciones. Un medidor de pH tiene electrodos que producen una corriente eléctrica; ésta varía de acuerdo con la concentración de iones hidrógeno en la solución.²

4. Procedimiento y equipos de laboratorio:

4.1. Tipos de muestras a analizar

- Agua potable
- Agua lluvia
- Agua residual
- Bebidas gaseosas no coloreadas
- Agua de aromática
- Agua destilada
- Lixiviado
- Otras muestras presentes y/o problema elaboradas por el orientador.

4.2. Equipos

- Kit de Hach para medición de PH

3

Primer equipo utilizado, en el cual tomamos una muestra de cada fluido y la mezclamos en azul de metileno, el cual nos va a dar una tonalidad con esta medimos en la escala que se encuentra en el Kit y se determina el PH de cada fluido según la escala anteriormente vista.



- Papel tornasol indicador de PH

² <http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/PH2.htm>

³ Kit de Hach para medición de PH/Autor

4



PH contenido.

Con cada muestra tomada de los diferentes fluidos e ingresamos el papel tornasol hasta cierto nivel, medimos con la escala de color verificando el tipo de

- PH de Hanna digital.

5



medimos el PH dado en la pantalla.

Primero se realiza el tarado del equipo con el Buffer correspondiente, enseguida lavamos el equipo con agua destilada y secamos, luego de esto tomamos la muestra de fluido sumergimos el digital en ella, y

- PH Equipo medidor análogo Hach



6

⁴ Papel Tornasol indicados de PH/Autor

⁵ PH Hanna digital/Autor

⁶ PH Equipo medidor análogo hach/Autor

Se tienen tres tipos de Bufer para la medición

- Equipo Multiparamétrico con sondas respectiva para pH(Marca Consort C862)



1. Revise el equipo antes de su uso, verifique que esté conectado a la fuente eléctrica, retire el recipiente protector del bulbo de medida del electrodo de pH, enjuague con agua de ionizada el electrodo desde la parte superior hasta el bulbo repetidamente y en especial este último para evitar cualquier contaminación con muestras anteriores.
2. Prenda el equipo obturando el botón ON/OFF, observe en la pantalla o display la información y ubique con la ayuda de los cursores el canal CH1 para escoger la opción de pH con la tecla Modo (Esta misma tecla funciona como un retorno o escape de la opción).
3. Verifique que el equipo realiza lecturas acordes y exactas con la ayuda de los buffer o soluciones patrón de pH (4.0 y 7.0) previamente agitados, de ser necesario calibre el potenciómetro con los buffer Standard, siguiendo el manual del equipo. Lleve a punto de trabajo óptimo el equipo y proceda con las lecturas.
4. La muestra a analizar debe agitarse vigorosa y previamente para homogeneizarla. **Pero no con el electrodo el cual debe evitarse golpear.**
5. Sumerja el electrodo desplazando el mismo sujeto correctamente en el porta brazo, teniendo presente dejarlo sumergido lo suficientemente para que el bulbo del electrodo quede dentro de la muestra contenida en un beaker apropiado, esto es para una óptima lectura del pH. Permita que se establezca la medida y anote el valor. Retire la muestra y continúe con las mediciones.
6. Enjuague con abundante agua destilada y seque el electrodo con un paño suave antes de la siguiente medición, lo mismo al terminar las mediciones para proceder a colocar el protector del bulbo el cual deberá contener solución de KCl (Cloruro de Potasio) 3 Molar.

⁷ Equipo Multi-parametrico con sondas respectivas para PH (Marca consort C862)/Autor

Con base en el parámetro analizado en las aguas, consulte que incidencia tiene este en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas y que incidencia en diferentes procesos industriales.

5. Preguntas:

Responda las siguientes preguntas dentro del informe:

- Que escalas de pH existen y en qué consisten.
- Según las normas y/o decretos existentes que parámetro es el establecido para pH en agua potable.
- Que es una sustancia ácida y que es una sustancia alcalina (básica) de ejemplos de cada una.

6. BIBLIOGRAFIA PROPUESTA

- Análisis de Aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Omega Barcelona, 1981.
- Manual de Técnicas Analíticas de Parámetros Físico-Químicos y contaminantes marinos 3ra edición. Centro de investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas, 1993.
- Enciclopedia Salvat, Salvat editores, Madrid 1990.

Normas de calidad del agua potable, según el Decreto 475/98

Características	Valor máximo Admisible	Procedimientos analíticos recomendados		Parámetros de comparación de la calidad de la fuente recomendados según el nivel calidad de la fuente			
		Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	1. Aceptable	2. Regular	3. Deficiente	4. Muy deficiente
MICROBIOLÓGICAS							
Coliformes totales UFC/100 cc	0			X	X	X	X
Escherichia coli UFC/100 cc	0		D 5392			X	X
ORGANOLÉPTICAS Y FÍSICAS							
pH	6.5 – 9.0		D 1293	X	X	X	X
Turbiedad UNT	5	4707	D 1889	X	X	X	X
Color verdadero – UC	15			X	X	X	X
Conductividad US/cm	50 – 1.000		D 1125	X	X	X	X
Sustancias flotantes	Ausentes			X	X	X	X
Olor y sabor	Ninguno		D 1292	X	X	X	X
QUÍMICAS CON EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD HUMANA							
Fenoles totales – mg/L	0.001	4582	D 1783				X
Grasas y aceites– mg/L	Ausentes	3362	D 4281				X
Aluminio – mg/L	0.20		D 857				X
Nitratos – mg/L	10		D 3867				X
Nitritos – mg/L	0.1		D 3867	X	X	X	X
Antimonio – mg/L	0.005		D 3697				X
Arsénico – mg/L	0.01		D 2972				X
Bario– mg/L	0.5		D 4382				X
Cadmio – mg/L	0.003		D 3557				X
Cianuros totales – mg/L	0.1	1312	D 2036				X
Cobre – mg/L	1.0		D 1688				X
Cromo hexavalente – mg/L	0.01		D 1687				X
Mercurio – mg/L	0.001		D 3223				X
Níquel – mg/L	0.02		D 1886				X
Plomo – mg/L	0.01		D3559				X
Selenio – mg/L	0.01	1460	D 3859				X
Sustancias activas al azul de metileno– mg/L AB5	0.5		D 2330				X
PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS							
Tóxicos tipo I– mg/L	0.001						X
Tóxico tipo II y III– mg/L	0.01						X
Baja toxicidad– mg/L	0.1						X
Trihalometanos totales– mg/L	0.1						X
QUÍMICAS CON EFECTO INDIRECTO SOBRE LA SALUD HUMANA							
Alcalinidad total – mg/L	100		D 1067	X	X	X	X
Acidez – mg/L	50		D 1067	X	X	X	X
Dureza total– mg/L	160	4706	D 1126	X	X	X	X
Calcio– mg/L	60		D 511	X	X	X	X
Magnesio– mg/L	36		D 858	X	X	X	X
Cloruros– mg/L	250		D 512	X	X	X	X
Sulfatos – mg/L	250	4708	D 516	X	X	X	X
Hierro total– mg/L	0.3		D 1068	X	X	X	X
Manganeso	0.1		D 858			X	X
Fosfatos	0.2		D 515			X	X
Zinc	5		D 1691				X
Fluoruros (mg/L)	1.2		D 1179				X

ANEXO C.
GUÍA PRÁCTICA NO. 2 TURBIDEZ Y COLOR

Asignatura: AGUAS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

Práctica No. 2

Tema: TURBIDEZ Y COLOR

1 Objetivos General

- Comprender el concepto de turbidez y poder determinarlo prácticamente.
- Concientizar sobre el color característico del agua.

2 Objetivos Específicos:

1. Identificar el concepto de Turbidez en muestras de agua como su influencia en el tratamiento.
2. Realizar varios ensayos con diferentes muestras para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
3. Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98, Resolución 2115 del 2007 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales.
4. Medir el efecto óptico causado por la dispersión de la luz a través de una muestra de agua

3 Marco Teórico

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua. Algunos de estos son:

- Fitoplancton
- Sedimentos procedentes de la erosión
- Sedimentos re suspendidos del fondo (frecuentemente revueltos por peces que se alimentan por el fondo, como la carpa)
- Descarga de efluentes
- Crecimiento de las algas
- Escorrentía urbana

La turbiedad en el agua es causada por materia suspendida, tales como arcillas, cieno, compuestos orgánicos coloreados solubles, plancton y otros organismos microscópicos.⁸

(Apartes del Método Estándar)

(Determinación de la turbiedad (Método 2130 del Standard Methods, 17 edición)

La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que hace que la luz sea desviada y absorbida y no siga en línea recta a través de la muestra. La correlación de la turbiedad con la concentración en peso de la materia suspendida es difícil debido a que el tamaño, forma e índice refractivo de las partículas también afecta las propiedades de la luz desviada de la suspensión. Óptimamente las partículas negras, como carbón activado, pueden absorber luz y efectivamente incrementar la medida de la turbiedad.

⁸ <http://www.lenntech.com/espanol/Turbidez.htm>

Selección del método:

Históricamente el método Standard para la determinación de turbiedad se ha basado en el turbidímetro de llama de Jackson; sin embargo, el valor mínimo que se puede medir en este instrumento es 25 unidades y ante el hecho de que las turbiedades del agua tratada están por debajo de 1 unidad, se evolucionó hacia el nefelómetro.

Principio:

El método nefelométrico se basa en una comparación de la intensidad de la luz desviada por la muestra, bajo condiciones definidas, con la intensidad de la luz desviada por una suspensión Standard de referencia, bajo las mismas condiciones. Se usa un polímero de formazina como la suspensión Standard de referencia.

Interferencias:

- Celda sucia.
- Presencia de burbujas de aire
- Vibración de la superficie en donde se encuentra el turbidímetro
- No es muy significativa la desviación producida por las sustancias disueltas que absorben la luz y constituyen el color verdadero.

Almacenamiento de la muestra:

Determine la turbiedad el mismo día que se toma la muestra. Si se requiere un almacenamiento más prolongado la muestra se almacena en recipientes oscuros. No almacene por periodos largo porque pueden ocurrir cambios irreversibles.

4 Procedimiento de Laboratorio

4.1 Materiales:

- Turbidímetro de Mesa HACH 2100N (Método nefelométrico)



9

El método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por una muestra bajo condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión patrón de referencia bajo las mismas condiciones. La relación entre la intensidad de la luz dispersada y la turbiedad es directa.

- Celdas de medición de 25 ml en vidrio (especial)



10

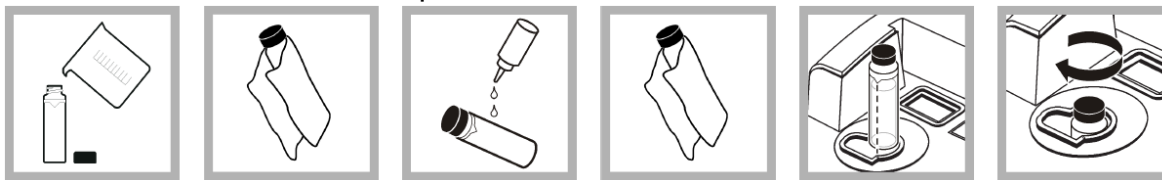
- Paño de limpieza para celda de medición
- Beaker de 50 ml y 100 ml
- Toallas de mano para absorber humedad
- Frasco lavador con agua de ionizada
- Muestras varias para determinación de turbidez

⁹ Turbidímetro de Mesa HACH 2100N /Autor

¹⁰ Celdas de medición de 25 ml en vidrio /Autor

4.2 Procedimiento:

- 1) Conecte el turbidímetro y enciéndalo 10 minutos antes de la práctica, para que se ajuste el sistema de medición y calibración del equipo. El equipo reportara en la pantalla un valor cercano a 0.010 en la pantalla.
- 2) Si es la primera lectura que se va a tomar con el equipo, después del encendido, haga una verificación siguiendo las instrucciones del fabricante, con los estándares o patrones, para cada una de las escalas. Las celdas deben estar perfectamente limpias, esto debe hacerse para verificar que no existe una desviación considerable en las mediciones. De ser necesario proceda a calibrar el equipo según el manual del mismo utilizando los patrones respectivos.
- 3) Después de calibrado el equipo, coloque los patrones en el recipiente o estuche correspondiente.
- 4) Proceda a utilizar las celdas de medición para muestras, estas deben estar libres de impurezas, suciedad o cualquier otro elemento que aporte turbidez a la muestra, de ser necesario limpie y/o enjuague la celda las veces requeridas, recuerde que para cada determinación la celda deberá estar limpia, utilice agua de ionizada para los enjuagues.
- 5) Agite levemente la muestra original y llene la celda de medición con dicha muestra, tápela y limpie la celda, utilice inicialmente las toallas de mano de papel para absorber la humedad presente externamente, evite frotar las celdas con las toallas de papel puede rayar las mismas, límpielas finalmente con los paños de tela suave.



11

- 6) Introduzca la celda dentro del espacio del equipo para las mediciones ubicando la marcación de la celda en forma de triángulo blanco hacia el recodo de medición.
- 7) La pantalla presentara inicial y regularmente líneas punteadas (-----) antes de aparecer un valor de medición, anote o reporte el valor que aparezca seguido y más estable. Terminada la medición retire la celda y deseche la muestra. Repita este procedimiento las veces que requiera según las muestras a analizar.
- 8) Finalizada la practica disponga las celdas de medición en el estuche o caja de almacenamiento previamente limpias, apague el equipo y fórralo con el protector respectivo

¹¹ http://www.hach.com/fmmimghach?/CODE%3A4700093_2ED12588%7C1

10) Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones al momento de realizar las mediciones.

- No manipule la celda cuando el equipo esté tomando la lectura de turbidez.
- Agite vigorosamente la muestra previamente.
- Vierta la muestra dentro de la celda que provee el equipo
- Permita que las burbujas de aire desaparezcan
- Introduzca la celda dentro de la porta celdas del equipo y cúbrala con la tapa respectiva del equipo.

4.3 Muestras a analizar

- Agua potable
- Agua lluvia
- Agua residual
- Bebidas gaseosas no coloreadas
- Agua de aromática
- Agua destilada
- Lixiviado (líquidos que se gestionan en los [depósitos controlados](#) de [residuos](#).)
- Otras muestras presentes y/o problema

Diluya los siguientes tipos de sustancias en una proporción 1:10 en donde 1ml es de la sustancia y 9 ml de H₂O, homogenice y proceda a realizar la medición, construya una tabla de resultados, compare todos los resultados y concluya.

- Bebida gaseosa
- Leche líquida

5 Informe de Laboratorio:

1. Elabore tablas correspondientes con los datos obtenidos y grafique las mismas, de ser posible agrupe todos los valores para visualizar el trabajo de laboratorio realizado y con base en los datos experimentales obtenidos compárelos con los estándares definidos por el RAS/2000 y con las normas aplicables Decretos; 0475/98, Resolución 2115 del 2007 Agua potable y/o

1594/84 Aguas residuales, etc. Establezca sus análisis de resultados y conclusiones al respecto.

2. Consulte en los medios posibles (libros, manuales, Internet, etc.) valores referidos al parámetro analizado en diferentes sustancias (bebidas carbonatadas, tinto, aromáticas, salsas, conservas, etc.), no olvide reportar los créditos o referencia bibliográfica consultada.
3. Con base en el parámetro analizado en las aguas, consulte que incidencia tiene este en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas y que incidencia tiene la turbidez en diferentes procesos industriales (vinos, gaseosas, perfumes, etc.)
4. De ser el caso, halle el porcentaje de error entre los resultados experimentales y los teóricos.
5. Cuestionario de Preguntas:
 - a) Que unidades de turbiedad existen, defínalas y en que sustancias se utilizan.
 - b) Según las normas y/o decretos existentes que parámetro es el establecido para agua potable y residual.
 - c) En qué consisten los métodos físicos utilizados para medir la turbidez

6 Bibliografía

1. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos S.A.
2. Decreto 1594 de 1984
3. Decreto 0475 de 1998
4. www.corporinoquia.gov.co
5. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas potables y residuales, Díaz de Santos, APHA, AWWA, WPCF .
<http://books.google.es/books?id=mLhyRECwOqkC&printsec=frontcover&dq=metodos+normalizados>
6. The NALCO wáter handbook, Nalco Chemical, Frank N. Kemmer, McGraw-Hill,1979 .
7. Análisis de aguas y ensayos de tratamiento: principios y aplicaciones. Marín Galvín, Rafael. McGraw-Hill
8. Análisis de aguas y ensayos de tratamiento: principios y aplicaciones. Marín Galvín, Rafael. McGraw-Hill
9. Coagulantes y floculantes aplicados en el tratamiento de aguas. Company Arpa, Joan. McGraw-Hill
10. Teoría y práctica de la purificación del agua 3ra edición, Jorge Arboleda Valencia, McGraw-Hill, Acodal.
11. Purificación del Agua, Jairo Alberto Romero Rojas, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, tercera reimpresión, 2005.

Determinación del color.

7 Objetivos Específicos:

- Identificar y definir el concepto de Color en muestras de agua como su influencia en el tratamiento.
- Realizar varios ensayos con diferentes muestras para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
- Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98, Resolución 2115 del 2007 Agua potable y 1594/84 Aguas residuales.

8 Marco Teórico.

Desde que somos pequeños o pequeñas nos enseñan que el agua es incolora, transparente... Pero cuando contemplamos un lago o paseamos por la orilla de un río, vemos masas de agua con diferentes coloraciones. A veces, es verdosa, otras azulada, muchas azul fuerte, en ocasiones amarillenta, también podemos encontrarla de color negro o de un marrón sospechoso... Según esté el cielo, según la hora del día, según la cantidad de suciedad que lleve disuelta, según esté limpio o sucio el fondo del río o del pantano... el agua adquiere unas tonalidades u otras.¹²

El color en el agua, puede estar asociados a sustancias en solución (**Color verdadero**) o sustancias en suspensión (**Color aparente**). El primero es el que se obtiene a partir de mediciones realizadas sobre muestras filtradas por membranas de 0,45 µm, mientras que el segundo proviene de las mediciones directas sobre muestras sin filtrar.

Son causantes de color en cuerpos de agua naturales o no-afectados, el material vegetal en descomposición, tipo ligninas, taninos, ácidos húmicos, fúlvicos, algas, etc. Y algunos minerales disueltos de hierro y manganeso. En vertimientos industriales o cuerpos de agua afectados o contaminados por éstos, el color se asocia necesariamente al tipo particular de actividad asociada al vertimiento. El color predominante en el primer caso, varía desde una tonalidad amarilla hasta una tonalidad café, en el segundo caso el color puede ser variable, dependiendo de la actividad asociada del vertimiento.

¹² <http://www.quadraginta.org/materiales-didacticos/cuaderno-de-ejercicios/coronas/corona-colores/coloresdoc/ColoresdelaguaTeoria.html> por **Mariano Coronas Cabrero**.

Teniendo en cuenta que en las aguas naturales los colores predominantes varían desde diferentes tonalidades amarillas hasta colores pardos o café claro y al mismo hecho que de estas tonalidades pueden ser simuladas con bastante aproximación por soluciones de cloroplatino de potasio a diferentes concentraciones, se ha adoptado esta referencia para expresar la magnitud de color en muestras de aguas naturales.

La unidad de color adoptada internacionalmente como referencia, es la equivalente a una solución de cloroplatino de sodio que contenga 1.0 mg de platino por litro de solución. La escala, para medición directa, se extiende desde 1 hasta aproximadamente 500 mg/L de Pt. Esta forma de expresar color, se conoce más genéricamente como “Escala Hazen” y se expresa en términos de unidades de Pt/Co, debido a que las soluciones de platino, generalmente se les adiciona una pequeña cantidad de cloruro de cobalto, con el objetivo de intensificar el color y el brillo de las soluciones de cloroplatino.

Con el propósito de obviar el uso de soluciones en la determinación de color, se han diseñado equipos en los que se compara el color de las muestras, ya no frente a la coloración de soluciones de Pt/Co, si no a discos coloreados cuyos colores se corresponden con la escala Hazen. Las mediciones se pueden realizar por colorimetría visual o por fotometría, utilizando un fotómetro capaz de medir entre 575 y 585 nm, y un conjunto de soluciones patrón de Pt/Co.

La experiencia ha demostrado que no es adecuado hacer diluciones para expresar el color de las muestras altamente coloreadas, debido a que el color de la muestra diluida no es directamente proporcional al grado de dilución. En estos casos es preferible expresar el resultado como ... “mayor a 500 unidades Hazen o de Pt/Co...”.

Es muy importante tener en cuenta que el método no es apto para expresar el color de aguas residuales y en general, de muestras cuyos patrones de color sean diferentes al de las soluciones de Pt/Co.¹³

(Apartes del Método Estándar) **Determinación de Color (Método 2120 del Standard Methods, 17 edición)**

El color en el agua puede resultar de la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso) humus y materiales de pantano, plancton, sedimentos y descargas industriales.

¹³ http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap5.pdf

El color medido debe corresponder al color verdadero, es decir el color del agua después de removerle la turbiedad; si se incluye las sustancias suspendidas se denomina color aparente.

Selección del método:

El método de comparación visual es aceptable para todas las muestras de agua potable. Sin embargo la industria produce vertimientos con colores que no se pueden medir por este método.

El color es determinado por comparación visual de la muestra con concentraciones conocidas de soluciones coloreadas o con discos de vidrio coloreado calibrados. Las soluciones coloreadas se preparan con cloroplatinato de potasio y cloruro de cobalto.

El valor medido de color depende muchísimo del pH y aumenta con el incremento del pH. Los cambios biológicos y físicos que se presentan en muestras almacenadas durante largos períodos afectan el color.

Preparación de los estándares:

Puede usarse cloroplatinato de potasio o ácido cloroplatínico preparado a partir del platino metálico. No use ácido cloroplatínico comercial porque es muy higroscópico y se presentan alteraciones en la concentración de platino.

1. Disuelva 1,246 gramos de K_2PtCl_6 (equivalente a 500 mg. de Pt metálico) y 1,00 gramos de cloruro de cobalto cristalizado $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (equivalente a alrededor de 250 miligramos de Co metálico) en agua destilada con 100 ml de HCl concentrado y diluya a 1000 ml con agua destilada. Esta solución contiene 500 unidades de color. Si no se dispone de K_2PtCl_6 , disuelva 500 mg de platino metálico puro en agua regia, con la ayuda de calor; remueva el HNO_3 por evaporación agregando HCl. Se disuelve este producto con el 1,00 de $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, como se indicó arriba.

2. Prepare estándares que contengan: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 35, 50, 60 y 70, haciendo diluciones de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0 y 7,0 ml de solución stock con agua destilada hasta la marca de 50 ml del tubo Nessler. Proteja los estándares de la evaporación y de la contaminación.

9 Procedimiento de Laboratorio

9.1 Materiales

- Beaker de 50 ml y 100 ml
- Panel iluminado de comparación de color (Tubos Nessler y pantalla de iluminación)



14

- Espectrofotómetro HACH DR2800



15

- Celdas de medición (Espectrofotómetro DR2800)
- Toallas de papel para secado de celdas (recuerde solo son para absorber la humedad no para frotar las celdas)
- Paño para limpieza tipo lente óptico
- Frasco lavador con agua de ionizada

¹⁴ Panel iluminado de comparación de color (Tubos Nessler y pantalla de iluminación) /Autor

¹⁵ Espectrofotómetro HACH DR2800/Autor

9.2 Procedimiento

a. Panel de comparación

(Observe el grafico anexo)

1. Llene un tubo Nessler hasta la marca de 50 ml, con la muestra y compárelo con los estándares. Manipular los tubos por la parte superior.
2. Mire verticalmente hacia abajo ayudado con una superficie blanca colocada perpendicularmente al tubo o con luz emitida en este mismo sentido.
3. Si la turbiedad de la muestra no ha sido removida por centrifugación el reporte se hace como color aparente.
4. Si el color es superior a 70 unidades diluya la muestra con agua destilada, en una proporción conocida, hasta que el color este en el rango de los estándares.

Cálculo:

Calcule las unidades de color con la siguiente ecuación:

$$\text{Unidades de color} = (A \times 50) / B$$

Donde **A**: Color estimado de la muestra dilucida

B: ml de muestra tomada para la dilución.

Interferencias

El método es dependiente del pH, al aumentarse este aumenta la coloración. Al reportar el color se debe reportar el pH en el momento de la determinación.

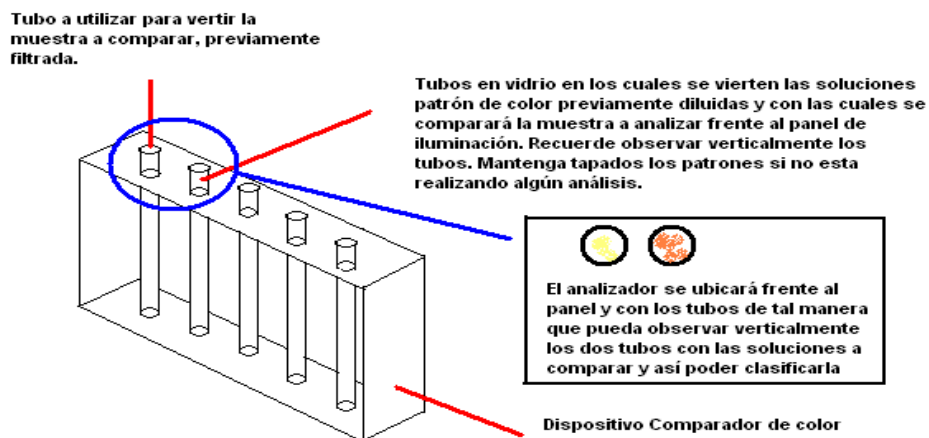
El valor reportado es el color verdadero. Los resultados deben ser dados en números enteros.

Se recomienda que para las aguas de uso doméstico no excedan de 20 unidades de color en la escala platino cobalto. Esta determinación es muy importante en agua de abastecimiento doméstico por razones de higiene y salud.

Aguas contaminadas con ciertos desechos industriales, pueden producir colores poco usuales, que no pueden ser igualados por las soluciones de comparación utilizadas en este método.

Para aguas industriales, la importancia es por razones económicas. Ya que existen gran cantidad de industrias en cuyos procesos requieren agua perfectamente limpia y clara, por lo que, las aguas con color necesitan un tratamiento especial para su eliminación.

GRAFICO REPRESENTATIVO DEL PROCEDIMIENTO PARA MEDIR COLOR POR COMPARACIÓN



En tubos Nessler prepare soluciones patrón de color de 5 a 70 unidades de color con ayuda de la siguiente tabla. Proteja las soluciones contra la evaporación y de los vapores de amoníaco, pues su absorción aumenta el color.

ml de solución de 500 unidades diluida a 50 ml con agua destilada	Color en unidades de platino-cobalto
0.5	5
1.0	10
1.5	15
2.0	20
2.5	25
3.0	30
3.5	35
4.0	40
4.5	45
5.0	50
5.5	55
6.0	60
6.5	65
7.0	70

b. Determinación de color con espectrofotómetro DR2800

1. Prenda el equipo oprimiendo el botón que se encuentra en la parte posterior del mismo, si requiere ser recargado esta indicación aparecerá en la pantalla

“carga de batería baja”. Proceda a conectar el cargador al equipo y luego a la fuente de voltaje.

2. Recuerde que el equipo para realizar el backup inicial correctamente, deberá tener el dispositivo interno protector del espacio para celda de medición.
3. Observe la pantalla en el aparecerá la opción programas almacenados, elija esta opción; allí aparecerá el menú de análisis posibles de realizar, con las flechas cursor desplácese de arriba hacia abajo o viceversa hasta ubicar el análisis requerido, en este caso determinación de color método 120.
4. Aparecerá la pantalla acorde al método (Unidades de medida, Zero, medición, etc.) para determinar color, con varias opciones; elija inicio, esta orden cargara el método y ajustara el equipo para comenzar los análisis.
5. El equipo cuenta con un estuche con dos celdas de vidrio especial para las determinaciones, enjuáguelas y/o límpielas para realizar los análisis, recuerde que cada vez que mida deberá limpiar muy bien la celda, utilice agua de ionizada.
6. Llene una celda con agua de ionizada hasta la marca de 10 mL, absorba la humedad con las toallas de mano y limpie la celda con el paño apropiado. Retirado el protector, introduzca la celda en el espacio de lectura con la marca hacia el frente, tape la totalidad del medidor con la tapa corrediza que posee el equipo. **Recuerde que no se debe introducir la celda humedad al equipo, esto podría dañar el mismo.**
7. Obture en la pantalla la opción Cero, esta acción ajustara el equipo al punto de partida (0.00) o de comparación libre de impurezas para el caso de color.
8. Realice la misma mecánica para la muestra a analizar. Agite levemente la muestra y según sea el color a obtener (real o aparente), proceda a filtrar o no la muestra y luego a llenar la celda con la muestra hasta la marca señalada de 10 ml, absorba la humedad con las toallas de mano y limpie la celda con el paño apropiado.
7. Retirado el protector, introduzca la celda en el espacio de lectura, tape la totalidad del medidor con la tapa corrediza que posee el equipo y oprima la opción medición.
8. Anote los valores obtenidos y analice las muestras que posea.
9. Al terminar verifique que el equipo quede en perfecto estado, ubique y coloque el protector de la celda de medición, apáguelo y guárdelo en el maletín respectivo.

10 Informe de Laboratorio

1. Elabore tablas correspondientes con los datos obtenidos y grafique las mismas, de ser posible agrupe todos los valores para visualizar el trabajo de laboratorio realizado y con base en los datos experimentales obtenidos compárelos con los estándares definidos por el RAS/2000 y con las normas aplicables Decretos; 0475/98, Resolución 2115 del 2007 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales, etc. Establezca sus análisis de resultados y conclusiones al respecto.
2. Consulte en los medios posibles (libros, manuales, Internet, etc.) valores referidos al parámetro analizado en diferentes sustancias (bebidas carbonatadas, tinto, aromáticas, salsas, conservas, etc.), no olvide reportar los créditos o referencia bibliográfica consultada.
3. Con base en el parámetro analizado en las aguas, consulte que incidencia tiene este en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas y que incidencia tiene el color en diferentes procesos industriales (gaseosas, Champús, etc.).
4. De ser el caso, halle el porcentaje de error entre los resultados experimentales y los teóricos.
5. Responda las siguientes preguntas:
 - a) Que sistemas, técnicas, sustancias y/o procesos existen para retirar o disminuir el color en el agua en las plantas de tratamiento.
 - b) Que tipo de colorantes y cuales son utilizados en la industria para colorear bebidas, aguas desmineralizadas saborizadas, etc.

11 Bibliografía.

1. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos S.A.
2. Decreto 1594 de 1984
3. Decreto 0475 de 1998
4. www.corporinoquia.gov.co
5. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas potables y residuales, Díaz de Santos, APHA, AWWA, WPCF .
<http://books.google.es/books?id=mLhyRECwOqkC&printsec=frontcover&dq=metodos+normalizados>
6. The NALCO wáter handbook, Nalco Chemical, Frank N. Kemmer, McGraw-Hill, 1979 .
7. Análisis de aguas y ensayos de tratamiento: principios y aplicaciones. Marín Galván, Rafael. McGraw-Hill
8. Análisis de aguas y ensayos de tratamiento: principios y aplicaciones. Marín Galván, Rafael. McGraw-Hill
9. Coagulantes y floculantes aplicados en el tratamiento de aguas. Company Arpa, Joan. McGraw-Hill
10. Teoría y practica de la purificación del agua 3ra edición, Jorge Arboleda Valencia, McGraw-Hill, Acodal.
11. Purificación del Agua, Jairo Alberto Romero Rojas, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, tercera reimpresión, 2005.

ANEXO D.
GUÍA PRÁCTICA NO. 3 ACIDEZ Y ALCALINIDAD

Asignatura: AGUAS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

Práctica No. 3

Tema: ALCALINIDAD Y ACIDEZ

1. Objetivos

- Comprender y aplicar el concepto de Alcalinidad en muestras de agua como su influencia en el tratamiento.
- Realizar varios ensayos con diferentes muestras para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
- Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales.

3. Aspecto Teórico.

¿Qué es Alcalinidad?

En el agua es la capacidad de está para neutralizar ácidos. También se utiliza el término capacidad de neutralización de ácidos (CNA), y representa la suma de las bases que pueden ser valoradas. Esta alcalinidad de las agua naturales de debe principalmente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también puede contribuir.

Los bicarbonatos son los compuestos que más contribuyen a la alcalinidad, puesto que se forman en cantidades considerables por la acción del CO₂ sobre la materia básica del suelo.

Además de estas sales se puede considerar ácidos orgánicos que son resistentes a la oxidación biológica como es el caso del ácido húmico que forman sales que se adicionan a la alcalinidad.

Las aguas naturales pueden ser alcalinas por cantidades apreciables de hidróxido y carbonatos, esto sucede mucho en aguas superficiales con algas. Estas toman el CO_2 que está en forma libre y lo combinan de tal forma que el pH puede aumentar a 9 y 10

¿Qué es la Acidez?

La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte hasta un pH designado. Por tanto, su valor puede variar significativamente con el pH final utilizado en la valoración. Se puede deber a la presencia entre otros, de dióxido de carbono no combinado, de ácidos minerales o de sales de ácidos fuertes y bases débiles. En muchas aguas naturales, que se usan para propósitos potables, existe un equilibrio entre carbonato, bicarbonato y dióxido de carbono. Los contaminantes ácidos que entran a los abastecimientos de aguas en cantidad suficiente, pueden alterar el equilibrio carbonato - bicarbonato - dióxido de carbono y se pueden estimar por titulación con un álcali valorado a los virajes de pH de 3.7 y 8.3. Los iones hidrogeniones presentes en una muestra de agua como resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos reaccionan a la adición de un álcali estándar. Idealmente, el punto final es el punto de equivalencia estequiométrica para la neutralización de todos los ácidos presentes. En la titulación de una especie ácida el punto final más exacto se obtiene a partir del punto de inflexión de una curva de titulación aunque para las titulaciones rutinarias de acidez, se puede utilizar como punto final el cambio de color de un indicador

Importancia de la Alcalinidad

La alcalinidad del agua se debe entonces principalmente a sales de ácidos débiles y bases fuertes y, estas sustancias actúan como amortiguadoras para resistir la caída de pH resultante a la adición de ácidos. Este concepto se utiliza mucho en la práctica del tratamiento de aguas residuales.

Internacionalmente es aceptada una alcalinidad mínima de 20 mg de CaCO_3/L para mantener la vida acuática. Cuando tiene alcalinidades inferiores se vuelve muy sensible a la contaminación, ya que no posee la capacidad de oponerse a las modificaciones que generan disminuciones de pH (Acidificación).

Se han propuesto clasificaciones de las aguas según su capacidad amortiguadora (alcalinidad), lo que permite manejar descriptores categóricos sencillos a ser utilizados en el análisis de calidad de agua.

4. Metodología de análisis

Alcalinidad

La alcalinidad se determina por la valoración de la muestra de agua con una solución previamente normalizada de un ácido fuerte (en nuestro caso HCl), mediante dos puntos sucesivos de equivalencia, observados a través de:

-medios potencio métricos-indicadores ácido-base adecuados (Nuestro caso)

Para muestras con pH inicial superior a 8,3 la valoración se va a llevar a cabo en dos fases:

-1ª fase

Añadimos unas gotas de fenolftaleína a la muestra y empezamos a valorar, cuando el pH baje a 8,3 el indicador pasará de **violeta** a **incoloro**. Anotamos el volumen consumido del ácido

-2ª fase

Después de que vire la fenolftaleína añadimos unas gotas del indicador anaranjado de metilo y en el momento en que el pH baje a 4,4 el indicador pasará de color **naranja** a **rojo** (Si se observa que el indicador vira de una manera excesivamente gradual difícil de identificar con el ojo humano podemos calentar la muestra para aumentar la vistosidad del cambio de color). Anotamos el volumen consumido del ácido.

Este método, es aplicable para la determinación de la alcalinidad de carbonatos y bicarbonatos, en aguas naturales, domésticas, industriales y residuales. La medición de la alcalinidad, sirve para fijar parámetros del tratamiento químico del agua, así como ayudarnos al control de la corrosión y la incrustación en los sistemas que utilizan agua como materia prima o en su proceso.

Acidez

Reactivos:

Todos los reactivos son de grado analítico, excepto se indique alguna especificación.

- Agua libre de dióxido de carbono (LDC): prepare todas las soluciones patrones y las diluciones con esta agua, que se obtiene hirviendo agua

destilada durante 15 minutos y enfriando a temperatura ambiente; debe tener pH ³ 6.

- Solución Titrisol de hidróxido de sodio 1.0 N: preparar esta solución de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Esta solución se debe guardar en frasco plástico y es estable por seis meses.
- Solución de NaOH 0.02 N: pipetear 2 mL de la solución Titrisol de hidróxido de sodio 1.0 N a un matraz aforado de 100 mL y enrasar con agua destilada. Guardar hasta seis meses en frasco plástico con cierre hermético para protegerlo del CO₂ atmosférico.
- Solución de ftalato de potasio 0.02 N: secar algunos gramos de ftalato de potasio anhidro (KHC₈H₄O₄), a 120 °C por dos horas, enfriar en desecador, pesar 4.0850 g, disolver en agua destilada y diluir a 1000 mL en matraz aforado. Guardar en frasco de vidrio hasta por seis meses.
- Solución hidroalcohólica indicadora de fenolftaleína al 0.5% (pH 8.3): pesar 0.5 g de fenolftaleína, disolverlos en 50 mL de alcohol etílico de 95% y diluir a 100 mL con agua destilada.
- Solución indicadora de azul de bromofenol al 0.1% (pH 3.7): pesar 0.1 g de azul de bromofenol, sal sódica y disolverlos en 100 mL de agua destilada.
- Solución de tiosulfato de sodio 0.1 M: disolver 2.5 g Na₂S₂O₃·5H₂O y diluir a 100 mL con agua destilada.

5. Procedimiento en el laboratorio

Alcalinidad

Toma de muestra

Las muestras se deben tomar en frascos de polietileno o de vidrio. Estos recipientes tienen que estar completamente llenos y tapados con buen ajuste. Se debe evitar la agitación de la muestra y la exposición prolongada al aire. La muestra se debe analizar lo más pronto posible. Si la actividad biológica es evidente analizar dentro de las 6 horas siguientes al muestreo.



Almacenamiento de Muestra

Refrigerar (mínimo 4° C.).

- a. Tomar un volumen aproximado de 150 ml. en un vaso de precipitado del agua muestra.
- b. Medir el pH y registrarlo.
- c. Dependiendo del valor de pH se determina el elemento titulador un ácido o una base.
- d. Se toman 100 ml de agua muestra en un erlenmeyer
- e. Se le adiciona 3 gotas del elemento indicador fenolftaleína o rojo de metilo
- f. Adicionar gota a gota el elemento titulante hasta que cambie de color
- g. Registrar la cantidad (ml) gastados del elemento titulante y hacer el cálculo respectivo

Paso 1 (alcalinidad a la fenolftaleína)

Si $\text{pH} \geq 8.3$ hay alcalinidad a la fenolftaleína.

Se miden 100 ml. de muestra en probeta y se transfieren a un Erlenmeyer de 250 ml.

Se añaden 2 a 3 gotas de indicador de fenolftaleína, la muestra cambia de color

Titular con H_2SO_4 0.02N y registrar el valor.

Calcular la alcalinidad a la fenolftaleína multiplicando el volumen de ácido por 10

Alcalinidad Fenolftaleína, mg equivalentes $\text{CaCO}_3/\text{L} = (\text{ml.}) - \text{consumidos } \text{H}_2\text{SO}_4 \times 10$

Paso 2 (alcalinidad al indicador mixto)

Medir 100 ml. de muestra en probeta.

Se añaden 2 a 3 gotas de indicador mixto, la muestra se torna azul.

Titular gota a gota con H_2SO_4 0.02N hasta que el color desaparezca y comience a volverse salmón.

Acidez

Las condiciones ambientales no son críticas para la realización de este ensayo.

Titulación de la solución de hidróxido de sodio 0.02 N: Debe realizarse cada vez que se prepare esta solución y también cuando se vaya a realizar el análisis, si han transcurrido más de quince días de la titulación previa.

Pipetear 10 mL de solución de Ftalato de Potasio 0.02 N y 50 mL de agua destilada en un erlenmeyer de 250 mL. Agregar 50 ml de agua destilada y dos gotas de indicador de fenolftaleína, titular con solución de hidróxido de sodio 0.02 N hasta coloración rosa pálida persistente.

Un mL de la solución de NaOH 0.02 N es equivalente a 1.0 mg de CaCO_3 .

Cálculos: $V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$

Donde:

V_1 = volumen de hidróxido de sodio

N_1 = normalidad del hidróxido de sodio

V_2 = volumen de ftalato de sodio

N_2 = normalidad del ftalato de sodio

Realizar al menos dos réplicas que resulten coincidentes (diferencia máxima de 0.1 mL en los volúmenes gastados) y considerar el valor promedio.

Determinación de acidez en muestras de agua:

Ajustar la temperatura de la muestra a la temperatura ambiente.

Pipetear 100 mL de muestra en un matraz erlenmeyer de 250 mL manteniendo la punta de la pipeta cerca del fondo del matraz.

Para muestras de agua tratada que contengan cloro residual, añadir una gota de solución de tiosulfato de sodio 0.1M.

Añadir 3-5 gotas de indicador de fenolftaleína.

Titular con solución NaOH 0.02N sobre una superficie blanca hasta conseguir un cambio de color rosado persistente característico del punto equivalente.

Anotar los mL de solución titulante consumidos.

Esto es válido para determinar la acidez a pH 8.3. Si se quiere hacer a pH 3.7, se procede de igual forma sustituyendo el indicador por azul de bromofenol.

2.5. Presentación de resultados

Cálculos:

$$\text{Acidez como mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{A \times N \times 50000}{\text{mL muestra}}$$

A = mL de hidróxido de sodio gastados en la titulación

N = normalidad del hidróxido de sodio

Los resultados se emitirán redondeados a la unidad y especificando el indicador empleado:

“La acidez a pH ____ = ____ mg CaCo3/L”.

Tabla de datos

[illegible]

6. Preguntas

- Agrupe todos los valores para visualizar el trabajo de laboratorio realizado y con base en los datos experimentales obtenidos compárelos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales, etc. Establezca sus análisis de resultados y conclusiones al respecto.
- Consulte en los medios posibles (libros, manuales, Internet, etc.) valores referidos al parámetro analizado en diferentes sustancias (bebidas carbonatadas, tinto, aromáticas, salsas, conservas, etc.), no olvide reportar los créditos o referencia bibliográfica consultada.
- Con base en el parámetro analizado en las aguas, consulte que incidencia tiene este en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas y que incidencia en diferentes procesos industriales.
- De ser el caso, halle el porcentaje de error entre los resultados experimentales y los teóricos.

7. Bibliografía:

- APHA-AWWA-WEF (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. New York, 2-24 a 2-26, método 2310.
- ASTM (1995) Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water D 1067-92, Philadelphia, 7 páginas.

ANEXO E. GUÍA PRÁCTICA No. 4 DUREZA

Asignatura: PLANTAS DE TRATAMIENTO
Práctica No. 4
Tema: DETERMINACION DE DUREZA

1. Objetivos.

- Comprender y aplicar el concepto de dureza en muestras de agua como su influencia en su tratamiento
- Realizar varios ensayos con diferentes muestras para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
- Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables
Decretos: 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales

2. Aspecto Teórico.

La Dureza Del Agua

El termino dureza se refiere a la cantidad de calcio y magnesio disueltos en el agua. Estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas, y pueden ser encontrados, en mayor o menor grado, en la mayoría de las aguas naturales. La dureza del agua impide el funcionamiento del lavado doméstico e industrial, hace los trabajos de limpieza e de lavandería difíciles y disminuye gradualmente la eficacia de las calderas. El método práctico para remoción de la alta dureza es a través de ablandadores de intercambio iónico.¹⁶

¹⁶ http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf

Determinación de Dureza (Método 2340 del Standard Methods, 17 edición)

Inicialmente la dureza se definió como la capacidad del agua para precipitar el jabón; este es precipitado principalmente por los iones calcio y magnesio. Otros cationes polivalentes pueden precipitar el jabón, pero como frecuentemente están conformando complejos orgánicos su rol en el agua es mínimo y difícil de definir y por esta razón, la dureza se define como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresadas como carbonato de calcio en miligramos por litro.

El agua dura no produce espuma con el jabón, el agua dura produce un residuo grisáceo con el jabón, que altera el color de la ropa, forma una dura costra en las ollas, en los grifos, tiene sabor desagradable y junto con el jabón forman precipitados que pueden formar incrustaciones, se dice que el agua dura es difícil para lavar.

El agua dura puede volver a ser blanda con el agregado de carbonato de Sodio o potasio (NaCO_3 , KCO_3).

El agua dulce normalmente tiene Ca y Mg, el agua disuelve, suspende y/o intercambia rastros de compuestos y elementos de los muchos elementos con los que tiene contacto; el poder solvente del agua sumado a las condiciones ácidas por ejemplo que se desarrollan a su paso por la capa de ciertos suelos y donde la acción de las bacterias genera CO_2 , el cual existe en equilibrio con el ácido carbónico, generan condiciones de pH moderadamente bajo permitiendo que el agua ataque las rocas, particularmente a la calcita (CaCO_3), otras condiciones son por ejemplo con piedra caliza la cual endurece el agua y la turba la suaviza.

Cuando la dureza, numéricamente, es mayor que la suma de la alcalinidad de carbonatos y bicarbonatos, la cantidad de dureza equivalente a la alcalinidad total se denomina “Dureza Carbonácea”; la cantidad en exceso se denomina “Dureza no Carbonácea”.

Cuando la dureza, numéricamente, es igual o menor que la suma de la alcalinidad de carbonatos y bicarbonatos, toda la dureza es dureza carbonácea.

Selección del Método:

Hay dos métodos: Determinación por cálculo, el cual es aplicable a todas las aguas y tiene la mayor exactitud si se realiza un análisis mineral.

El otro método es el de titulación con EDTA, el cual puede aplicarse, con ligeras modificaciones a cualquier agua.¹⁷

DUREZA POR CÁLCULO:

Este método parte de los resultados de determinaciones separadas de calcio y magnesio:

$$\text{Dureza, mg equivalentes CaCO}_3\text{/L} = 2.497 [\text{Ca, mg/L}] + 4.118 [\text{Mg, mg/L}]$$

METODO DE TITULACION CON EDTA

El ácido etilendiaminotetracético y su sal de sodio (abreviado EDTA) forman un complejo soluble quilatado cuando se añade a una solución de ciertos cationes metálicos. Si una cierta cantidad de tintura de negro de eriocromo T o calmadita, se añade a una solución acuosa que contenga iones calcio y magnesio, a un pH de 10.0 ± 0.1 la solución se torna vino rojo.

Si ésta solución se titula con EDTA, el calcio y el magnesio se vuelven complejos y cuando este proceso finaliza la solución cambia a azul. Es importante asegurarse que el ión magnesio esté presente, para obtener un buen punto final en la titulación; para asegurar esto.

3. Procedimiento.

NOTA: Hacer la titulación dentro de los 5 minutos siguientes a la aplicación del buffer.

Medir 50 ml. de muestra, utilice un Erlenmeyer apropiado, mida el pH inicial.

3.1. Identificar los tipos de muestras de agua a analizar (llave del acueducto, río estanque etc.)

3.2. Disponer del material necesario

3.2.1. Para la titulación: Erlenmeyer de 250 ml, probeta de 500ml, bureta (limpia y cargada con el titulante apropiado ubicada en los soportes respectivos) pipetas, pera de succión, espátula, papel tornasol.

¹⁷ http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf

Montaje



18

3.2.2. Equipo y reactivos necesarios: ph-metro. Cloruro de Calcio, magnesio sulfato (cristalizado puro) Buffer amoniacal ph 10 dureza, E.D.T.A. 0.01 M, Negro eriocromo T (indicador para valorar metales)

Espectrofotómetro HACH DR2800



19

Reactivos necesarios



20

- 3.3. Proceda a medir la cantidad de 50 ml de agua en una probeta y vierta luego en cada earlenmeyer.
- 3.4. Mida el pH inicial en las muestras de agua.
- 3.5. Adicionar 1.0 ml de solución buffer amoniaca, agite la muestra. El pH estará alrededor de 10.0 (medir).
- 3.6. Adicionar una muy pequeña cantidad indicador Negro de eriocromo T (0.03mg). Agite la muestra esta se tornara violeta/ morado si presenta dureza.
- 3.7. Titular gota a gota con EDTA 0.01 M hasta que la muestra se tome incolora y su color vire a azul.

¹⁹ Espectrofotómetro HACH DR2800/Autor

²⁰ Reactivos necesarios/Autor

3.8. Registre el consumo en ml de EDTA. En la bureta y calcule la dureza en mg/L de CaCO_3 multiplicando el volumen de EDTA consumido en la titulación por 20. Aplique la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza, mg equivalentes } \text{CaCO}_3 / \text{L} = \text{EDTA (ml)} \cdot .20$$

DETERMINACIÓN DE DUREZA (Programa 225 y 220)

Por medio del Equipo Espectrofotómetro

- Espectrofotómetro HACH DR2800



21

1. Se toma 50 ml, de muestra de agua en el erlemeyer.
2. A los 50 ml de la muestra, se le agrega 0.5 ml del frasco con reactivo calcium y magnesium y 0.5 ml frasco de reactivo alkal solution for calcium, Este se tornara de color rojizo.
3. Se toman las celdas, las cuales se deben lavar muy bien con agua destilada.
4. Se llena tres celdas con la muestra de hasta 10 ml.
5. En la primera celda se agrega, 1 gota de reactivo de E.D.T.A.
6. En la segunda celda se agrega, 1 gota de reactivo E.G.T.A.
7. La tercera celda solo con los 10 ml de la muestra, para llevarlo a cero.
8. Indicar programa 225, para la primera celda, para determinación de dureza magnésica.
9. Indicar programa 220, para la segunda celda, para determinación de dureza cálcica.

²¹ Espectrofotómetro HACH DR2800/Autor

10. Se suman los datos y se realiza su respectivo análisis.

4. Tabla de Datos

DETERMINACION DE DUREZA							
TIPO DE MUESTRA	CANTIDAD MUESTRA	VALOR pH	SOLUCION BUFFER	INDICADOR NEGRO ERIOCROMOT	CONSUMO EDTA	DUREZA (mg/L de CaCO ₃)	
	50 ml		1 ml				
	50 ml		1 ml				
	50 ml		1 ml				

5. Preguntas

5.1. Elabore tablas correspondientes con los datos obtenidos y grafique las mismas, de ser posible agrupe todos los valores para visualizar el trabajo de laboratorio realizado y con base en los datos experimentales obtenidos compárelos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos-0475' 98 Agua potable y/o 1594/04 Aguas residuales, etc. Establezca sus análisis de resultados y conclusiones al respecto.

5.2. Consulte en los medios posibles libros, manuales, Internet, etc. valores referidos al parámetro analizado en diferentes sustancias (bebidas carbonatadas, tinta, aromáticas, salsas, conservas, etc.), no olvide reportar los créditos o referencia bibliográfica consultada.

5.3. Con base en el parámetro analizado en las aguas, consulte que incidencia tiene este en los procesos de las plantas de tratamiento de agua y que incidencia en diferentes procesos industriales.

5.4. De ser el caso, halle el porcentaje de error entre los resultados experimentales y los teóricos.

6. Bibliografía.

- 6.1. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ediciones Díaz de Santos S.A.
- 6.2. Decreto 1594 de 1984
- 6.3. Decreto 0475 de 1998
- 6.4. www.corpirinoquia.gov.co

ANEXO F. GUÍA PRÁCTICA No. 5 ALUMINIO Y HIERRO

Asignatura: PLANTAS DE TRATAMIENTO

Práctica No. 5

Tema: DETERMINACION DE HIERRO Y ALUMINIO

1. Objetivos.

- Identificar el concepto de Hierro residual y su influencia en el tratamiento
- Identificar el concepto de Aluminio residual y su influencia en el tratamiento.
- Realizar varios ensayos con diferentes muestras para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
- Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales.

2. Aspecto Teórico.

Hierro

La presencia de hierro es un problema de calidad del agua muy común, especialmente en aguas de pozos profundos. El agua conteniendo, mismo pequeña cantidad de hierro, puede parecer clara cuando extraída, pero podrá rápidamente tornarse roja, después de su exposición al aire. Este proceso es denominado oxidación, y envuelve la conversión de hierro disuelto (ferroso), que es altamente soluble, en hierro precipitado (férrico), que es muy insoluble. La concentración de hierro es medida en ppm o mg/l. La coloración en general se transforma en problema cuando la concentración es mayor que 0,3 ppm. La remoción puede ser hecha por medio de intercambio iónico (ablandador) o por oxidación/filtración.

Aluminio

El aluminio es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. Es frecuente la utilización de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez, y el contenido de materia orgánica y de microorganismos. Este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede conferir al agua color y turbidez no deseables. La concentración de aluminio

que da lugar a estos problemas es, en gran medida, función de varios parámetros de calidad del agua y factores relativos al funcionamiento de la planta de tratamiento del agua

Determinación de Aluminio (Método 3500-Al del Standard Methods, 17 edición)

METODO ERIOCROMO CIANINA R

El proceso de coagulación se aplica extensivamente en la potabilización de agua, en la depuración de aguas tanto urbanas como industriales y el acondicionamiento de aguas para su utilización y reutilización en procesos industriales. Los coagulantes más utilizados en la purificación de agua son sales de hierro (FeCl_3) y Aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

La Bibliografía referencia diferentes especies de aluminio disuelto, tanto hidroxilos, bicarbonatos, cloruros como sulfatos, aniones todos ellos disueltos en las aguas naturales. Al adicionar un coagulante, en base de aluminio, sobre un agua natural, se forman unas y otras de las especies de aluminio en función de cuales sean los componentes del mismo, del agua y sobre todo de cual sea el pH al que llegue el sistema una vez alcanzado el equilibrio, pues unas se manifiestan a bajos valores de pH mientras que otras lo hacen a valores cercanos a la precipitación del hidróxido de aluminio.²²

Identificar cuál de las especies es el responsable de un correcto proceso de coagulación es una tarea dispendiosa pero de gran utilidad, en el presente laboratorio nos centraremos en la cuantificación global del aluminio.

La ingestión de aluminio puede tener lugar a través de la comida, del sistema respiratorio y por contacto con la piel. La toma significativa de aluminio puede causar efecto serio en la salud como daños al sistema nervioso central, demencia, pérdida de la memoria, apatía, temblores severos.

Un hecho fundamental de entender en los metales pesados es el hecho que son residuales. O sea se desplazan a lo largo de la cadena alimenticia. Es decir que si el agua tiene un determinado metal este puede pasar a las plantas, después si un

²² WANG C.Y., BI S.P., M.B. (2002) Advancement of Studies on the Formation of Polynuclear Hydroxyl Aluminum Species and Their Transformation Laws in Aqueous System and Soil Solutions: A. Review. ACS Symposium Series (Group 13 Chemistry), 246-258.-Tomado de PDF-publicación 3 / Soraya Prieto. Licenciada en ciencias químicas Fundación LEIA C.D.T. Unidad de Química sostenible

animal consume esta planta, se encontrará el metal en el tejido animal, si después el hombre consume carne de este animal o un derivado (como la leche) estos metales llegan al hombre y se acumulan en sus tejidos.

Esto hace de los metales pesados uno de los mayores responsables de la contaminación residual a nivel mundial y uno de los peligros mayores para la salud humana siempre a nivel global.

También porque la gran mayoría de ellos son cancerígenos (provocan el cáncer) o teratígenos (provocan mutaciones genéticas).²³

Materiales

Espectrofotómetro HACH DR2800



24



25

²³ Archivo PDF, Estudio técnico Calidad de agua de río Tzalá (municipio de Sipakapa; departamento de San Marcos). Lic. Flaviniano Bianchini. Guatemala.

²⁴ Espectrofotómetro HACH DR2800/Autor

²⁵ Espectrofotómetro HACH DR2800/Autor

- Agua destilada.
- Dos celdas de vidrio, para espectrofotómetro.
- Reactivos: Ferrover, ácido ascórbico, bleachin 3, frasco de alcal solución for calcium, frasco de calcium y magnesium, frasco de E.D.T.A y E.G.T.A.
- 3 erlemeyer.

RECOMENDACIONES

- Cada grupo deberá recoger con anterioridad a la sesión de laboratorio un contenedor plástico con 500ml de muestra, preferiblemente que esta sea de pozo.
- Utilice guantes y otros elementos de seguridad para realizar el muestreo.
- Sumerja el contenedor y procure recoger agua únicamente y no permita que algas y otros elementos flotantes ingresen al contenedor.
- Referencie el sitio de muestra y las condiciones que tenía la muestra en ese punto. Si es posible realice un registro fotográfico en campo y laboratorio.
- Vaya en grupo y con tiempo suficiente a realizar el muestreo. Las muestras pueden ser tomadas el mismo día de la práctica.
- Cada estudiante debe traer sus implementos de seguridad tales como; guantes de Nitrilo, tapabocas y bata, o no podrá ingresar a las aulas del laboratorio.
- Se debe seguir las indicaciones de seguridad para cada reactivo.

PROCEDIMIENTO:

1. Trabajamos con la muestra de agua:

DETERMINACIÓN DE HIERRO (Programa 265)

3. Descripción del Ensayo:

1. Se toma 50 ml, de muestra de agua en el erlemeyer,
2. Se toman las celdas, las cuales se deben lavar muy bien con agua destilada.
3. Se llena cada una de las celdas con 10 ml de la muestra.
4. A una de las muestras se le agrega sobre de reactivo ferrover.
5. Indicar programa 265, para análisis de hierro

6. Este se tornara de color naranja indicando presencia de hierro.
7. Se debe agitar durante 3 minutos.
8. Se introduce muestra sin reactivo para llevarlo a cero.
9. Se introduce muestra con reactivo para medición.
10. Se toma dato y se realiza su respectivo análisis.

DETERMINACIÓN DE ALUMINIO (Programa 10)

4. Descripción del Ensayo:

1. Se toma 50 ml, de muestra de agua en el erlemeyer.
2. A los 50 ml de la muestra, se le agrega sobre de reactivo ácido ascórbico y sobre de reactivo de aluminio, Este se tornara de color naranja rojizo, indicando presencia de Aluminio.
3. Se toman las celdas, las cuales se deben lavar muy bien con agua destilada.
4. Se llena una de las celda con 10 ml de la muestra del erlemeyer y se incorpora reactivo bleaching 3, el cual se debe dejar durante 15 minutos, agitándolo por algunos momentos.
5. Indicar programa 10, para análisis de aluminio.
6. Se introduce muestra sin reactivo para llevarlo a cero.
7. Se introduce muestra con reactivo para medición.
8. Se toma dato y se realiza su respectivo análisis.

5. Preguntas

- 1) Elabore tablas correspondientes con los datos obtenidos y grafique las mismas, de ser posible agrupe todos los valores para visualizar el trabajo de laboratorio realizado y con base en los datos experimentales obtenidos compárelos con los estándares definidos por el RAS 2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales, etc. Establezca sus análisis de resultados y conclusiones al respecto.
- 2) Consulte en los medios posibles (libros, manuales, Internet, etc.) valores referidos al parámetro analizado en diferentes sustancias (bebidas carbonatadas, tinto, aromáticas, salsas, conservas, etc.), no olvide reportar los créditos o referencia bibliográfica consultada.
- 3) De acuerdo a los resultados obtenidos calcule el porcentaje de error entre los resultados experimentales y los teóricos.
- 4) Con base en los resultados obtenidos en las diferentes muestras de agua, consulte que incidencia tiene este en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas y que incidencia tiene en los diferentes procesos industriales.

6. Bibliografía

WANG C.Y., BI S.P., M.B. (2002) Advancement of Studies on the Formation of Polynuclear Hydroxyl Aluminum Species and Their Transformation Laws in Aqueous System and Soil Solutions: A. Review. ACS Symposium Series (Group 13 Chemistry), 246-258.-Tomado de PDF-publicación 3 / Soraya Prieto. Licenciada en ciencias químicas Fundación LEIA C.D.T. Unidad de Química sostenible

Archivo PDF, Estudio técnico Calidad de agua de río Tzalá (municipio de Sipakapa; departamento de San Marcos). Lic. Flaviniano Bianchini. Guatemala.

OMS, 2003: *Aluminium in drinking-water*. Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable.

http://www.excelwater.com/esp/b2c/about_4.php

ANEXO G. GUÍA PRÁCTICA NO. 6 TEST DE JARRAS

Asignatura: PLANTAS DE TRATAMIENTO

Práctica No. 6

Tema: TEST DE JARRAS

1. Objetivo General.

El ensayo de jarras es utilizado en las plantas de tratamiento de agua potable para hallar la dosificación del agente coagulante. Este ensayo es de bastante simplicidad y verifica solamente la variación del pH y la relaciona con la formación del floc, debido a que en el proceso de coagulación influyen muchas variables el proceso no ha podido estandarizarse; en este también influye el tipo de floculado y las características propias de cada uno de los mezcladores, pero para efectos prácticos el ensayo se hace a determinado número de revoluciones por minuto y se asumen los valores más óptimos de floculante en la jarra en la que se note como se formó más rápido y son de mayor tamaño las partículas de floc.²⁶

2. Objetivos Específicos.

- Conocer y aplicar el concepto de la prueba de Test de Jarras y su importancia en las plantas de tratamiento de agua como su influencia en el tratamiento.
- Realizar varios ensayos con diferentes muestras y diferentes dosis de coagulante para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
- Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales.
- Determinar la dosis óptima de coagulante para el agua cruda.
- Establecer relaciones entre los parámetros de calidad y el coagulante.
- Establecer relaciones entre los parámetros de calidad del agua cruda y el agua tratada.
- Determinar la cantidad de lodos producidos por un tratamiento convencional.
- Detectar posibles errores en los procedimientos de muestreo, análisis y resultados.

²⁶ <http://www.buenastareas.com/ensayos/Ensayo-De-Jarras/1801029.html>

3. Marco Teórico.

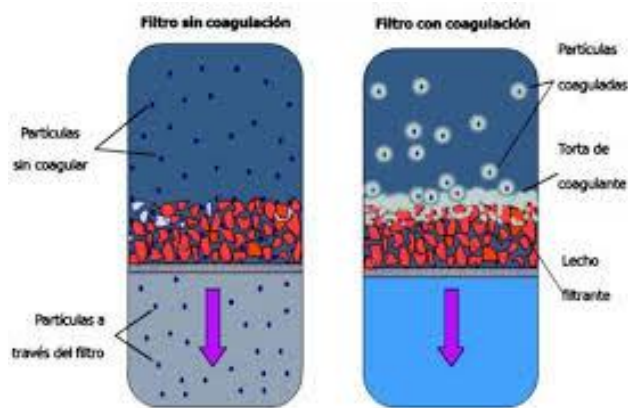
Consiste en la simulación en vasos de precipitado el proceso de coagulación-floculación que se producirá en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento.

El proceso de coagulación se aplica extensivamente en la potabilización de agua, en la depuración de aguas tanto urbanas como industriales y el acondicionamiento de aguas para su utilización y reutilización en procesos industriales. Los coagulantes más utilizados en la purificación de agua son sales de hierro (FeCl_3) y Aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

COAGULACIÓN:

La coagulación es un proceso que permite incrementar la tendencia de las partículas de agregarse unas a otras para formar partículas mayores y así precipitar más rápidamente. Los coagulantes son agentes que ayudan a la precipitación. Muchas partículas, como los coloides son sustancias tan pequeñas que no sedimentarán en un tiempo razonable y además no pueden ser eliminadas por filtración.

La coagulación es un proceso que implica muchas reacciones de transferencia de masa. El proceso consta de varias etapas: 1) la desestabilización de las partículas, lo que permite 2) la interacción contaminante-coagulante y 3) favorece la agrupación de partículas (ofloculación).²⁷



28

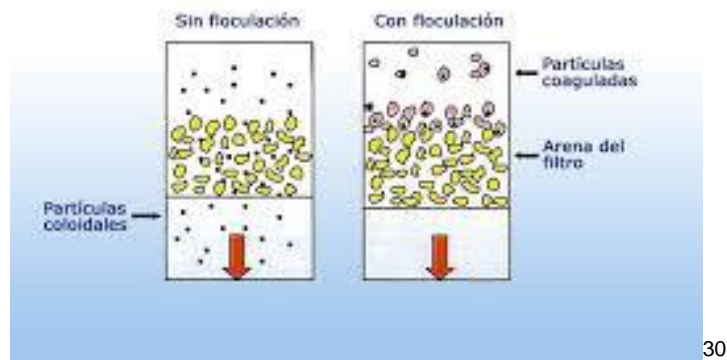
²⁷ <http://www.slideshare.net/guillermo150782/coagulacion-y-floculacion>

²⁸ <http://www.aquatracta.com/Municipios.Piscinas.Filtracion.2.html>

FLOCULACIÓN:

Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.²⁹

PRINCIPIO DE FLOCULACIÓN



30

SISTEMAS DE SIMULACIÓN DEL PROCESO DE COAGULACIÓN:

Estos sistemas consisten en simular en unos vasos de precipitado o jarras el proceso de coagulación que se produce en la planta de tratamiento y evaluar distintos parámetros durante o al final de los ensayos para caracterizar su funcionamiento. Las pruebas de jarras pueden utilizarse tanto para controlar la coagulación-floculación de una planta de tratamiento existente como para obtener los datos de diseño para el proyecto de nuevas unidades.

Con los sistemas de simulación se pueden determinar los siguientes parámetros:

1. Determinación de dosis óptima mediante la evaluación de:

1.1. Evaluaciones cualitativas:

a. tamaño del floc producido

b. tiempo inicial de formación del floc

²⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

³⁰ <http://velasqnews.blogspot.com/2011/04/proceso-de-floculacion.html>

1.2. Evaluaciones cuantitativas:

- a. determinaciones físicas: turbiedad y color residual
- b. determinaciones químicas: pH, alcalinidad, hierro, aluminio residual

2. Determinación de la velocidad de sedimentación.

Determinación de la dosis óptima de coagulante.

El objetivo de este ensayo es poder determinar la dosis de coagulante que produce la más rápida desestabilización de partículas coloidales en la planta y hace que se forme un floc pesado y compacto que quede fácilmente retenido en los sedimentadores y no se rompa al pasar por el filtro. Debe observarse que no necesariamente el floc que sedimenta rápidamente es el que queda retenido en el filtro con más facilidad. El floc que se busca, por tanto, es aquel que da el mayor rendimiento en el conjunto de los procesos de clarificación.

4. Procedimiento.

1. Determinar turbiedad, color, pH y alcalinidad del agua cruda o el tipo de muestra que se tenga.
2. Depositar un litro del agua previamente homogenizada en cada recipiente o vaso de precipitados de capacidad igual a un litro y colocarlos en la base iluminada del equipo de test de jarras para proceder a introducir las paletas de agitación.
3. Previamente se ha elegido el coagulante y coadyuvantes de coagulación a utilizar en la prueba, prepárelos en la cantidad necesaria y en la concentración requerida. Tenga listo los elementos y las cantidades a utilizar.
4. Ajustar el equipo a las rpm determinadas inicialmente.
5. Las jarras con las muestras de agua se colocan debajo de las paletas y éstas se hacen girar a las rpm iniciales dentro de la jarra. Se cronometra de 30 a 60 segundos desde el momento en que simultáneamente se adicionan las cantidades de coagulante definidas previamente a cada jarra. Esto produce una mezcla completísima, muy semejante a la que se obtiene en un salto hidráulico
6. Una vez hecha la mezcla rápida durante el tiempo definido se disminuye la velocidad de rotación de las paletas de 30 a 60 rpm (promedio de 40 rpm) y se deja flocular el agua durante 15 a 30 minutos más, o durante el tiempo teórico de detención que exista en la planta de tratamiento.
7. Se suspende la agitación, se extraen las paletas y se deja sedimentar el agua durante 15, 30 y 60 minutos. Es conveniente analizar el pH, color y turbiedad al minuto.

8. Se evalúa y registra el tamaño del floc producido y demás parámetros de análisis requeridos según formato en los tiempos antes mencionados teniendo cuidado de NO agitar las jarras ni su fondo en cada toma de muestra para los análisis. Para los registros utilizar el formato definido por el laboratorio
9. Se reporta con base en los datos anteriores la jarra con agua que mejor comportamiento allá tenido y se establece si debe hacerse un nuevo ensayo con igual o diferentes condiciones o si no y por qué.

4.1 Equipos

- Equipo para “ensayo de jarras”



Este se asemeja a los tanques de la planta donde se llevaran a cabo los procesos de coagulación y floculación, ya que en determinado tiempo oscila generando el floc que posee el agua.

- 12 vasos de precipitado de 1 litro
- 2 peras de succión
- 1 pipeta de 10 ml
- 1 pipeta de 50 ml
- 1 bureta de 50 ml
- 6 Erlenmeyer de 250 ml



- Agitador magnético



- Balanza digital



Por su diseño con cámara cerrada permite que el peso sea más exacto que una báscula normal, ya que protege de factores externos, además porque en esta se apoya el filtro y el peso de este es muy pequeño.

REACTIVOS:



Sulfato de Aluminio

Cloruro Férrico

Permanganato de Potasio

Polímeros

El que defina el docente ó el que se requiera analizar.

5. Tabla de Datos

- Elabore tablas correspondientes con los datos obtenidos y grafique las mismas, de ser posible agrupe todos los valores para visualizar el trabajo de

laboratorio realizado y con base en los datos experimentales obtenidos compárelos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales, etc. Establezca sus análisis de resultados y conclusiones al respecto.

- Con base en los datos finales de la prueba diligencie el formato respectivo diseñado por el laboratorio, este es un ejemplo y/o formato base para el registro de los datos obtenidos, consulte que incidencia tiene esta prueba en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas.
- De ser el caso, halle el porcentaje de error entre los resultados experimentales y los teóricos.

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
<i>pH</i>		
<i>Turbiedad</i>		
<i>Conductividad</i>		
<i>Color verdadero</i>		
<i>Alcalinidad total</i>		
<i>Volumen de ácido normalizado gastado</i>		
<i>Normalidad del ácido</i>		
<i>Volumen de la muestra</i>		
<i>Observaciones que considera importante hacer conocer:</i>		

6. Bibliografía

- *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, ediciones Díaz de Santos S.A.
- Decreto 1594 de 1984
- Decreto 0475 de 1998
- www.corporinoquia.gov.co
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>
- <http://www.aquatracta.com/Municipios.Piscinas.Filtracion.2.html>
- <http://www.slideshare.net/guillermo150782/coagulacion-y-floculacion>

ANEXO H. GUÍA PRÁCTICA NO. 7 SÓLIDOS TOTALES

Asignatura: AGUAS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO

Práctica No. 7

Tema: SÓLIDOS TOTALES

1. Objetivos.

- Identificar el concepto de Sólidos Suspendedos volátiles y fijos y su influencia en el tratamiento.
- Realizar varios ensayos con diferentes muestras para adquirir destreza en el análisis y forma de caracterización de muestras.
- Con base en los datos experimentales obtenidos compararlos con los estándares definidos por el RAS/2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales

2. Aspecto Teórico.

El término sólido hace referencia a la materia suspendida o disuelta en un medio acuoso. Una de las características físicas más importantes del agua es el contenido total de sólidos, esta incluye la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos).

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas; las aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas.

La determinación de sólidos totales en muestras de agua por desecación es un método muy utilizado, algunas de sus aplicaciones son: determinación de sólidos y sus fracciones fijas y volátiles en muestras sólidas y semisólidas como sedimentos de río o lagos, lodos aislados en procesos de tratamiento de aguas limpias y

residuales y aglomeraciones de lodo en filtrado al vacío, de centrifugación u otros procesos de deshidratación de lodos.

Los sólidos en suspensión son aquellos que se encuentran en el agua sin estar disueltos en ellas, pueden ser sedimentables o no y, para determinar su cantidad en forma directa es complicado, para ello se calcula matemáticamente conociendo la cantidad de sólidos no sedimentables y de sólidos en suspensión y realizando una diferencia de estas dos medidas.

Mientras que los sólidos disueltos son todas las sustancias que se encuentran disueltas en el agua, no se pueden determinar de una forma directa, sino que tendremos que calcular su cantidad numéricamente restando a los sólidos totales los sólidos en suspensión.³¹

TEMPERATURA DE SECADO

Los residuos secados a 103°C-105°C, se cree que retienen no sólo el agua de cristalización sino también el agua mecánicamente adsorbida. Hay pérdidas de CO₂ por la transformación de HCO₃ a CO₃. La pérdida de materia orgánica por volatilización es muy poca a esa temperatura. Debido a que la expulsión del agua adsorbida es marginal a 105°C, el logro de peso constante es muy lento.

Los residuos secados a 179°-181°C, pierden casi toda el agua mecánicamente adsorbida, pero puede permanecer poco agua de cristalización, especialmente si hay sulfatos. La materia orgánica es reducida por volatilización pero no es completamente destruida. Los biocarbonatos se convierten a carbonatos y éstos se descomponen parcialmente a óxidos o sales básicas.

Algunos cloruros y nitratos pueden perderse.

Aguas con poco contenido de materia orgánica y contenido mineral total, y que son usadas para consumo humano, pueden ser analizadas a cualquier temperatura; aquellas con alto contenido de materia orgánica o con pH mayor a 9.0 deben secarse a una temperatura más baja. En cualquier caso el reporte debe indicar la temperatura.

³¹ <http://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2012/05/determinacion-de-solidos.pdf>

La temperatura de calcinación es de $550^{\circ} \pm 50^{\circ}\text{C}$, a la cual se pierde el agua de cristalización y la materia orgánica volátil, además de la oxidación de ciertos complejos orgánicos y la descomposición de sales minerales.

MUESTREO Y ALMACENAMIENTO

Se debe eliminar de la muestra todo el material voluminoso que flote o se aglomere en el recipiente. Se debe dispersar el aceite y la grasa que éste presente en la superficie del agua, al tomar la muestra. Es deseable utilizar botellas de vidrio duro, más aún si el agua es alcalina. Durante el almacenaje prevenir el contacto del oxígeno con las muestras que contengan hierro y manganeso. Analizar lo antes posible para reducir los cambios físicos y químicos.

4. Procedimiento.

4.1 SÓLIDOS TOTALES

PRINCIPIO

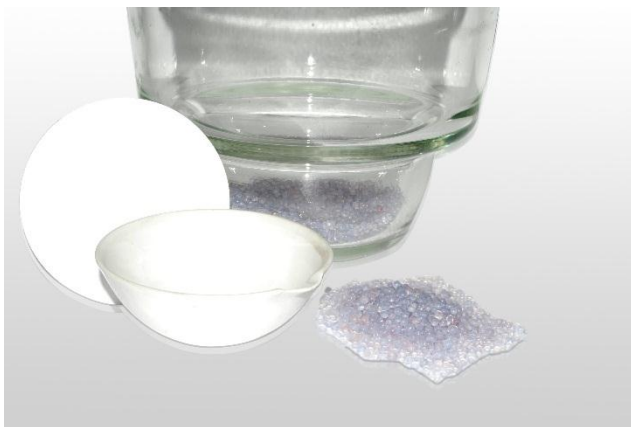
El método consiste en colocar la muestra en un crisol (cápsula de porcelana), previamente secada y tarada, evaporarla y secarla a $103-105^{\circ}\text{C}$. El aumento en peso del crisol presentará a los sólidos totales.

INTERFERENCIAS

Ocasionarán resultados no reproducibles la presencia de partículas grandes. Material flotante, precipitados o muestras no homogéneas. También afectará la presencia de películas de grasa en la superficie.

EQUIPOS

- Cápsulas de porcelana de 100 mL y de 90 cm., de diámetro.



- Mufla eléctrica para calcinar ($500 \pm 50^{\circ}\text{C}$)



- Estufa de secado ($180 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y baño maría



- Desecador y agente desecante (silica gel)



- Balanza analítica



PROCEDIMIENTO

Cuando la muestra tiene pH inferior a 4.3 se recomienda ajustarlo a ese valor agregando NaOH. El peso de NaOH adicionado se sustrae del peso del residuo.

Preparación de la Cápsula:

- a. Calcinar la cápsula de porcelana en una mufla, por una hora y a una temperatura de 550 +/- 50°C.
- b. Enfriar y pesar (se enfría primero al aire y finalmente en un desecador para completar el enfriamiento en una atmósfera seca). Almacénala en desecador hasta el momento de usarla.

Tratamiento a la muestra

- a. Medir 100 mL de muestra en una probeta graduada y transferirlos a la cápsula preparada (el tamaño de la muestra se puede estimar el valor de la conductividad y debe ser tal que nos dé un residuo entre 2.5 y 200 mg/.).

NOTA: Sólidos disueltos (mg/lit) = $conductividad \frac{micromhos}{cm} (0.55_a_0.9)$

- b. Evaporar la muestra a sequedad; primero en baño maría hasta que se consuma todo el líquido y luego en la estufa a 103-105°C al menos por una hora.

Nota: Si se utiliza un horno eléctrico, se baja la temperatura a 98°C para prevenir la ebullición.

- c. Secar la cápsula en un desecador (una hora es usualmente suficiente).
- d. Pesar la cápsula con el residuo
- e. Repetir el ciclo de secado a 103-105°C, enfriar y pesar la cápsula hasta obtener un peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor del 4% (ó 0.5 mg) del peso anterior.

CALCULOS

$$\text{Sólidos Totales } \frac{mg}{lt} = \frac{(B - A) \times 1000}{mL_de_muestra}$$

Donde B = peso de la cápsula más el peso del residuo, mg.

A= peso de la cápsula, mg.

4.2 SÓLIDOS TOTALES VOLATILES Y FIJOS

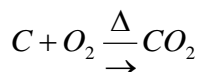
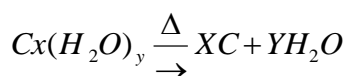
PRINCIPIO

La prueba consiste en un procedimiento de combustión en el cual la materia orgánica es convertida a CO₂ y H₂O.

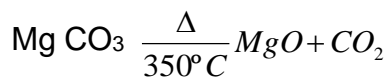
La pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica, pues la temperatura se controla para prevenir la descomposición y volatilización de sustancias inorgánicas.

La muestra se somete a calcinación a 500°C aproximadamente.

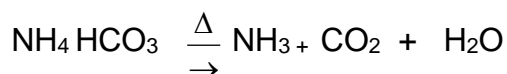
A temperaturas relativamente menores la materia orgánica, particularmente los residuos de carbón que resultan de la pirolisis de carbohidratos, se oxidan a una velocidad razonable.



Por consiguiente a 550°C se reduce la descomposición de las sales inorgánicas. Cualquier compuesto de Amonio no liberado durante el secado se volatiliza, pero la mayoría de otras sales inorgánicas son relativamente estables, con excepción del carbonato de Magnesio:



En la determinación del contenido volátil de sólidos suspendidos (No filtrables), las sales inorgánicas disueltas no se consideran, debido a que son eliminadas durante el proceso de filtración. Cuando se analizan lodos, los compuestos de amonio, principalmente como carbonato de amonio, se volatizan completamente durante los procedimientos de evaporación y secado y no están presentes para interferir en la determinación de sólidos volátiles:



Existen otras sales inorgánicas en los lodos que son inestables, sin embargo, su presencia es tan pequeña que se ignora su influencia.

El control de la temperatura es importante; el CaCO_3 se descompone a temperaturas superiores a 825°C , como es una de las principales sales inorgánicas de las muestras que se someten a estos análisis su pérdida en la calcinación ocasionaría errores serios.

Si las calcinaciones se efectúan adecuadamente, la pérdida de peso sería una medida razonable de la materia orgánica, y el residuo remanente o ceniza, de los sólidos fijos.

EQUIPO

El mismo equipo que se necesita para la determinación de los sólidos totales

PROCEDIMIENTO

- a. Determine los sólidos totales
- b. Calcinar el residuo del análisis de sólidos totales

Para ello se introduce la cápsula en la mufla a $550 \pm 50^\circ\text{C}$ hasta obtener un peso constante, el cual se obtiene cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas es del 4% o menos (se ha encontrado que los residuos de efluentes y aguas residuales usualmente alcanzan su peso constante después de 15 a 20 minutos de calcinación).

- c. Dejar enfriar la cápsula en el aire hasta que casi todo el calor haya sido disipado y colocarla dentro de un desecador durante una hora, para que

termine de secarse en una atmósfera seca (No se debe sobrecargar el secador).

d. Pesar la capsula

CALCULOS

Reportar la pérdida de peso en la calcinación como sólidos volátiles y el remanente como sólidos fijos:

$$\text{Sólidos Volátiles} \quad \frac{mg}{lt} = \frac{(B - C) \times 1000}{mL_de_muestra}$$

$$\text{Sólidos Fijos} \quad \frac{mg}{lt} = \frac{(C - A) \times 1000}{mL_de_muestra}$$

Donde A = pesa de la capsula mg.

B = peso de los residuos sólidos más peso de la capsula

Antes de la calcinación, mg.

C = peso de los residuos sólidos más peso de la capsula

4.3 SÓLIDOS SUSPENDIDOS (NO FILTRANTES)

PRINCIPIO

Los sólidos suspendidos están constituidos por la materia suspendida que permanece sobre un filtro de fibra, cuando filtramos una muestra de agua residual previamente agitada.

La determinación está sujeta a errores considerables si no se toman las precauciones adecuadas; un exceso podría ocluir los poros del filtro.

El peso de los sólidos removidos raras veces excede 20 mg., y a menudo es menor a 10 mg. , errores pequeños en la pesada o pérdida del borde del filtro pueden ser bastante significativos .

Es muy importante que los crisoles gooch estén cuidadosamente preparados y llevados a peso constante antes de usarse.

Para obtener mayor exactitud en la determinación, es necesario filtrar una mayor cantidad en aguas tratadas biológicamente o ligeramente contaminadas; a menudo se requiere filtrar 500 ml. De muestra para producir un aumento de peso de 10 ml de sólidos.

EQUIPO

El mismo equipo que se necesita en la determinación de sólidos totales, además de:

- Crisoles Gooch
- Bomba de Vacío



- Matraz para filtración al vacío, con tubo lateral



- Discos de fibra de vidrio para filtrar 2.1 o 2.4 cm. (whatman GFC o equivalencia).

PROCEDIMIENTO

Preparación del filtro de fibra de vidrio

- Colocar un disco de fibra de vidrio para filtrar en un crisol gooch, con la superficie rugosa hacia arriba, teniendo cuidado que el disco se coloque en el fondo y cubra completamente las perforaciones. Colocar el crisol con el filtro en un aparato de filtración y aplicar el vacío.
- Con el vacío aplicado, lavar el disco con tres porciones de 20 mL de agua destilada, después que el agua se ha filtrado desconectar el vacío.
- Colocar el crisol con el filtro en una estufa a 103°C por una hora.
- Dejar enfriar el crisol en un desecador
- Una vez que el crisol ha alcanzado la temperatura ambiente, se saca y se pesa.
- Repetir el ciclo hasta obtener un peso constante.

Tratamiento de la muestra:

- a. Excepto para las muestras que contienen una concentración muy elevada de sólidos suspendidos o para filtros muy lentos, seleccionar un volumen de muestra que sea igual a 14 mL., o más por cm^2 de área del filtro (escoger un volumen de muestra de tal forma que no obtenga más de 200 mg., de sólidos suspendidos).
- b. Colocar el crisol con el disco en el aparato de filtración, con el vacío aplicado, humedecer el disco con agua destilada para colocarlo contra el crisol gooch.
- c. Medir el volumen seleccionado de muestra bien mezclada con una pipeta volumétrica, matraz volumétrico o probeta. Filtrar la muestra a través del disco, usando succión. Dejando la succión lavar el filtro tres veces con porciones de 10 mL., de agua destilada, permitiendo un drenado completo entre los lavados.
- c. Interrumpir la succión, remover el crisol gooch y secarlo en una estufa a 103°C - 105°C por una hora (30 minutos en un horno de convección mecánica).
- d. Enfriar el crisol con el filtro en un desecador hasta que alcance la temperatura ambiente.
- e. Pasar el crisol y el filtro en una balanza analítica.
- f. Repetir el ciclo de secado hasta obtener un peso constante, el cual “se obtiene” cuando la pérdida de peso entre dos pesadas sucesivas es menos del 4% 0.5mg.

NOTA: El residuo así obtenido en el crisol gooch puede usarse para determinar las fracciones fija y volátil de los sólidos suspendidos.

CALCULO

$$\text{Sólidos suspendidos} \frac{mg}{lt} = \frac{(D - F) \times 1000}{m\bar{L}_{de\ muestra}}$$

Donde D = peso del crisol con el filtro más el peso de los sólidos retenidos (mg)

E= peso del crisol con el filtro (mg)

4.4 SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES Y FIJOS

PRINCIPIO

Partir del residuo obtenido en la determinación de los sólidos suspendidos y calcinarlos a 550°C.

La diferencia entre los pesos antes y después de la calcinación representa la fracción volátil de los sólidos suspendidos. Además, la diferencia entre los sólidos suspendidos y su fracción volátil representa la fracción fija de los sólidos suspendidos.

EQUIPO

Se necesita el mismo del procedimiento anterior

PROCEDIMIENTO

- a. Calcinar el crisol gooch con el disco y los sólidos suspendidos por 15 minutos a 550°C.
- b. Enfriar el crisol parcialmente en el aire hasta que casi todo el calor haya sido disipado y completar el enfriamiento en un desecador.

- c. Después que se haya secado hasta la temperatura ambiente pesar el crisol, inmediatamente, en una balanza analítica.

CALCULOS

$$\text{Sólidos suspendidos volátiles} \frac{mg}{lt} = \frac{(D - F) \times 1000}{mL_de_muestra}$$

Donde D = peso del crisol con el fieltro más el peso de los sólidos antes de calcinarse (mg)

F= peso del crisol con el filtro más el peso de los sólidos después de calcinarse.

La diferencia entre los sólidos suspendidos y los sólidos suspendidos volátiles nos da la cantidad de los sólidos suspendidos fijos.

4.5 SÓLIDOS DISUELTOS (FILTRANTES)

PRINCIPIO

Los sólidos disueltos pueden obtenerse, además de usar las medidas de conductividad específica, por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales o por evaporación y posterior secado a (103°C-105°C) ó (179°C-181°C) de una muestra filtrada (lo que pasa el filtro) siguiendo la misma técnica que en la determinación de sólidos totales.

4.6 SÓLIDOS DISUELTOS VOLATILES Y FIJOS

PRINCIPIO

La prueba consiste en someter una muestra filtrada (lo que pasa el filtro) al procedimiento utilizado en la determinación de sólidos totales volátiles y fijos.

4.7 SÓLIDOS SEDIMENTALES

PRINCIPIO

La materia que sedimenta en aguas de superficie y en aguas salinas como también en desechos líquidos domésticos e industriales, puede ser determinada y reportada en volumen (mL/lit) o en peso (mg/lit)

EQUIPO

Se requiere el mismo equipo que en la determinación de sólidos totales. Para la determinación volumétrica se requiere solo un cono imhoff.

PROCEDIMIENTO

Por Volumen:

- a. Agite la muestra y vierta 1.0 lit., de ésta en un cono Imhoff.
- b. Sedimentar por 45 minutos.
- c. Agitar suavemente el líquido contenido en el cono con un agitador o mediante una rotación del cono, para que se desprendan y sedimenten los sólidos de la pared del recipiente.

- d. Dejar sedimentar durante 15 minutos más.
- e. Registrar la cantidad de sólidos sedimentados en mL/lit., leyendo directamente en el cono. La lectura se hace tomando como referencia la línea de separación entre el material flotante y el no flotante, es decir, el material flotante no se estima como sedimentable.

Por peso:

- a. Determine los sólidos suspendidos de una muestra bien mezclada.
- b. Verter muestra bien mezclada a un recipiente de vidrio de no menos de 9 cm., de diámetro. Usar un volumen de muestra no inferior a 1.0 lit., y suficiente para dar una profundidad de 20 cm. Alternativamente use recipientes de vidrio de mayor diámetro y mayores volúmenes de muestra.



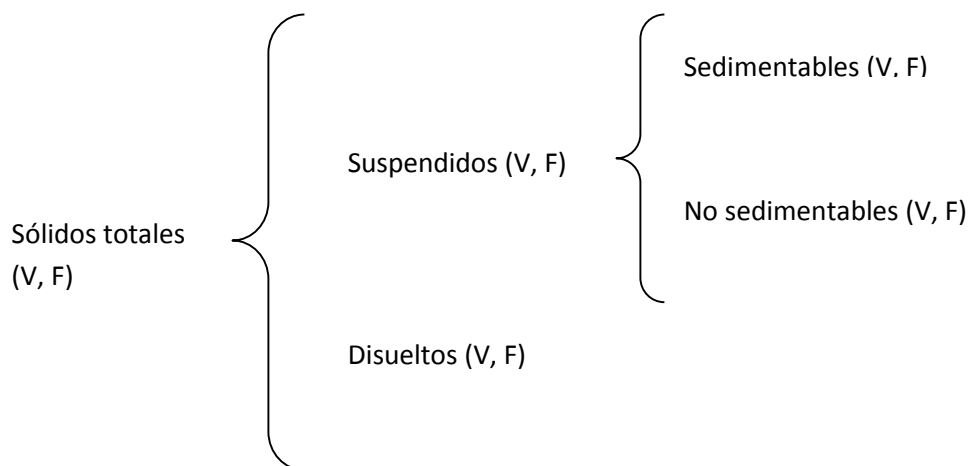
- c. Deje reposar por una hora, al cabo de la cual se sifonean 250 mL., sin perturbar el material sedimentado o flotante. El sifoneo se practica desde un punto equidistante entre la superficie del líquido y la superficie del material sedimentado.

- d. Determine los sólidos suspendidos (103°C) de este licor sobrenadante. Esta es la cantidad de sólidos no sedimentables.

CALCULOS

Sólidos sedimentables (mg/lit) = sólidos suspendidos (mg/lit)-sólidos no sedimentables mg/lit)

CATEGORIA DE SÓLIDOS



Donde: V= Volátiles y F= Fijos

INFORME DE LABORATORIO

SOLIDOS SEDIMENTABLES			
TIPO DE MUESTRA		TIEMPO DE REPOSO	VOLUMEN (ml/L)

SOLIDOS TOTALES					
Muestra	1	2	3	4	5
V (ml)					
B (mg)					
A (mg)					
B – A (mg)					

SOLIDOS EN SUSPENSION					
Muestra	1	2	3	4	5
V (ml)					
B (mg)					
A (mg)					
B – A (mg)					

SOLIDOS VOLATILES					
Muestra	1	2	3	4	5
V (ml)					
B (mg)					
A (mg)					
B – A (mg)					

1. Elabore tablas correspondientes con los datos obtenidos y grafique las mismas, de ser posible agrupe todos los valores para visualizar el trabajo de laboratorio realizado y con base en los datos experimentales obtenidos compárelos con los estándares definidos por el RAS 2000 o con las normas aplicables Decretos; 0475/98 Agua potable y/o 1594/84 Aguas residuales, etc. Establezca sus análisis de resultados y conclusiones al respecto.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos calcule el porcentaje de error entre los resultados experimentales y los teóricos.
3. Con base en los resultados obtenidos en las diferentes muestras de agua, consulte que incidencia tiene este en los procesos de las plantas de tratamiento de aguas.

BIBLIOGRAFIA

ANÁLISIS DE AGUAS Y AGUAS RESIDUALES, Jorge Humberto Sierra C. ,
Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Sanitaria

<http://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2012/05/determinacion-de-solidos.pdf>